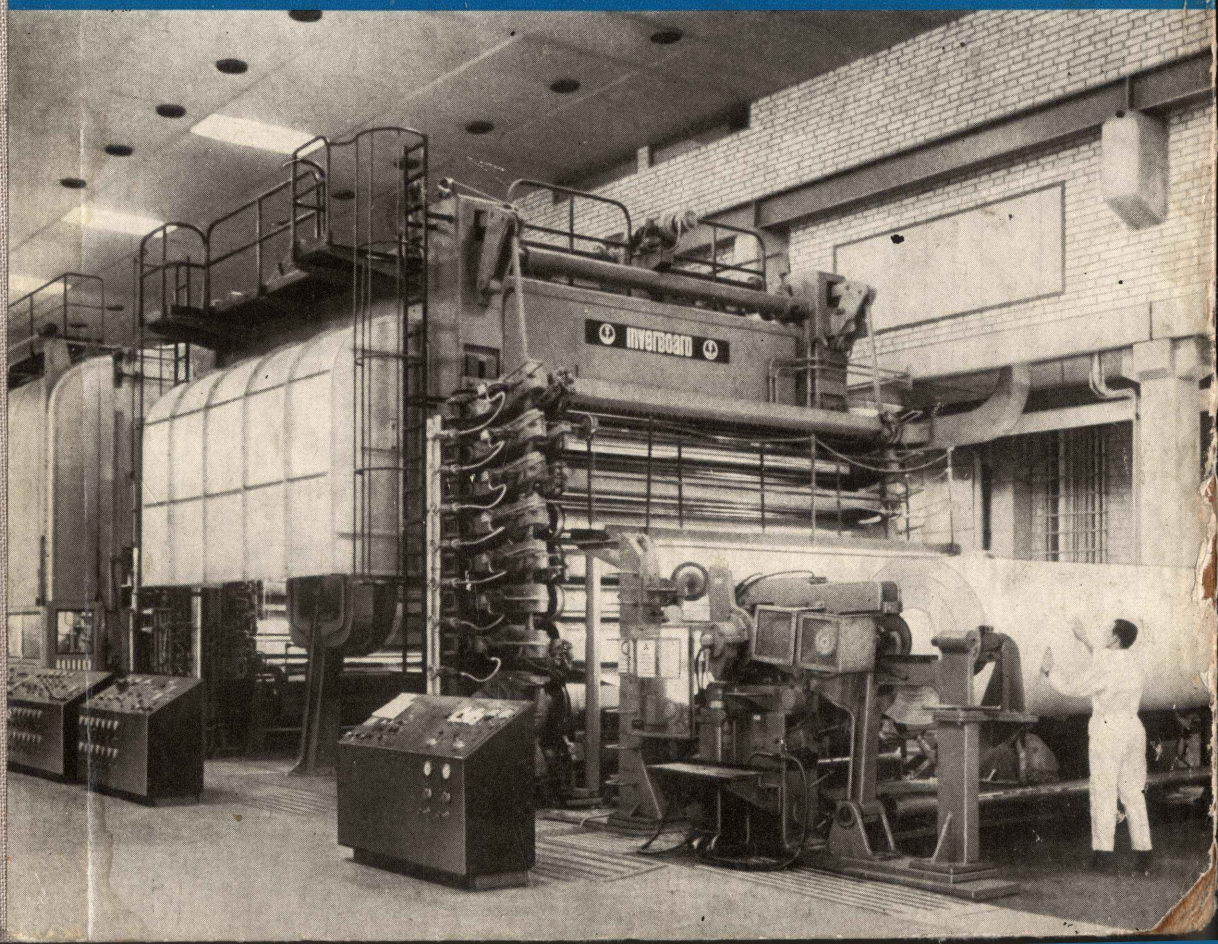
HOYER *Handbuch der*

KARTON- *und* PAPPEN *herstellung*



Hoyer · Handbuch der Karton- und Pappenherstellung

Handbuch der Karton- und Pappenherstellung

Von Ing. Dietrich Hoyer

Zweite, verbesserte und erweiterte Auflage · Mit 232 Bildern

Inventar. - Nr. 400
27. 6. 1976
327599

VEB FACHBUCHVERLAG LEIPZIG 1966

Redaktionsschluß 1. 5. 1966
ES 20 M 6
Alle Rechte vorbehalten · VEB Fachbuchverlag Leipzig
Satz und Druck: VEB Fachbuchdruck Naumburg (Saale) IV-26-14, Auftrags-Nr. 835
Veröffentlicht unter der Lizenznummer 114-210/82/66
21,—

Vorwort

Als im Jahre 1925 Dozent Ingenieur Fritz Hoyer sein Handbuch „Die Pappenfabrikation" der Fachwelt übergab, erfüllte er damit einen vielfach geäußerten Wunsch aus den Kreisen der Karton- und Pappenhersteller. Seit dieser Zeit ist weder eine weitere Auflage dieses Buches noch ein anderes Fachbuch erschienen, das die Technologie der Karton- und Pappenherstellung umfassend behandelt. Es ist daher an der Zeit, daß die bestehende Lücke geschlossen und den Werktätigen dieses Industriezweiges ein Buch in die Hand gegeben wird, das einen umfassenden Überblick über diese Technologie entsprechend dem heutigen Stand der Technik gibt. Dabei muß naturgemäß der Teil des Buches, der die Herstellung von Karton und Pappe auf Kartonmaschinen behandelt, einen bedeutend größeren Umfang einnehmen als der Teil, der sich mit der Erzeugung auf Wickelpappenmaschinen befaßt, da diese Herstellungsart infolge ihrer geringen Wirtschaftlichkeit immer mehr an Bedeutung verliert.

Das Buch enthält eine Übersicht über die zur Karton- und Pappenherstellung verwendeten Roh- und Hilfsstoffe sowie über deren Aufbereitung zu Halbstoffen. Es befaßt sich weiterhin mit der Technologie und den zur Stoffvorbereitung und -aufbereitung verwendeten Maschinen. Nicht unbeachtet blieben die Fragen der Mechanisierung und Automatisierung. In entsprechendem Umfang wurde auch die Herstellung auf der Kartonmaschine beschrieben. In weiteren Kapiteln werden Fragen der Ausrüstung, der Faserrückgewinnung und der Kontrolle des Produktionsablaufes behandelt. Ein besonderes Kapitel umfaßt die Prüfmethoden und -vorschriften. Auch auf die Technologien ist eingegangen, die bereits älter sind, aber noch angewendet werden.

Die reichhaltige Bebilderung soll die textlichen Erläuterungen ergänzen und damit zum besseren Verständnis beitragen.

Ich übergebe das Buch, das ich dem Andenken meines Vaters, Ingenieur Fritz Hoyer, widme, der Fachwelt in der Hoffnung, daß es sowohl dem Praktiker als auch dem Lernenden Anregungen für ihre Arbeit geben möge.

Mein besonderer Dank gilt meiner Frau, die während der Bearbeitung des Manuskripts sehr viel Verständnis für meine Arbeit aufgebracht und mich dadurch unterstützt hat. Mein Dank gilt auch den Ingenieuren Peter und Werner, die durch ihre gründlichen Gutachten viele wertvolle Hinweise und Anregungen zur Verbesserung des Buches gaben. Gedankt sei auch dem VEB Fachbuchverlag Leipzig für die ausgezeichnete Betreuung des Buches.

Berlin, Frühjahr 1963 — Ingenieur Dietrich Hoyer

Vorwort zur zweiten Auflage

Der schnelle Absatz der ersten Ausgabe ist der Beweis dafür, daß es an der Zeit war, den Werktätigen der Karton- und Pappenindustrie, den Studierenden, Technikern, Ingenieuren und auch den Verarbeitern von Karton und Pappe, kurz allen Interessierten an der Karton- und Pappenherstellung, ein Fachbuch in die Hand zu geben, das die Technologie dieses Zweiges umfassend behandelt und damit eine bestehende Lücke in der Fachliteratur schließt.

Seit dem Abschluß des Manuskriptes für die erste Auflage sind bereits zwei Jahre vergangen, die nicht unwesentliche neue Erkenntnisse brachten.

Es war deshalb notwendig, alle Neuerungen, die sich besonders auf dem Gebiet der Stoffaufbereitung und -mahlung, der Blattbildung und der damit unmittelbar im Zusammenhang stehenden schnellen Entwicklung der Meß-, Steuer- und Regelungstechnik, einschließlich der Datenverarbeitung ergaben, zu berücksichtigen.

Ich übergebe die zweite, erweiterte und verbesserte Auflage meinen Fachkollegen mit dem Wunsch, daß sie sowohl dem Praktiker als auch den angehenden Karton- und Pappenmachern eine Hilfe bei ihrer Arbeit sein möge.

Mein besonderer Dank gilt auch diesmal meiner Frau und meinen Kindern für das große Verständnis für meine Arbeit, das mir eine wertvolle Unterstützung war.

Ich bedanke mich auch bei den beiden Gutachtern, Kollegen Ingenieur Kurt Peter und Kollegen Ingenieur Gerhard Werner, die mir wertvolle Hinweise zur Verbesserung des Werkes gegeben haben.

Gedankt sei auch dem VEB Fachbuchverlag Leipzig für die ausgezeichnete Betreuung des Buches.

Berlin, Frühjahr 1966 — Ingenieur Dietrich Hoyer

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und geschichtlicher Abriß 11

2. Karton- und Pappensorten 13

2.1. Begriffsbestimmung für Karton und Pappe 13

2.2. Pappen aus Holzschliff . . 14

2.2.1. Holzpappe 14

2.2.2. Lederpappe 15

2.3. Pappen aus Altpapier bzw. mit einem Zusatz von Zellstoff und anderen Faserstoffen 15

2.3.1. Graupappe 15

2.3.1.1. Buchbinderpappe 16

2.3.1.2. Nagel- und Packpappe . . 16

2.3.1.3. Kistenpappe 16

2.3.1.4. Ziehpappe 17

2.3.2. Hart- oder Feinpappe. . . 17

2.3.2.1. Preßspan 17

2.3.2.2. Kofferpappe. 18

2.3.2.3. Jacquardpappe 19

2.3.2.4. Briefordnerpappe 19

2.3.2.5. Schuhpappe. 20

2.3.2.6. Karosserie- und Kinderwagenpappe. 20

2.3.2.7. Stanzunterlagspappe 20

2.3.2.8. Radio-Rückwandpappe . . 21

2.3.2.9. Brandpappe. 21

2.3.3. Matrizenpappe. 21

2.4. Asbestpappe 22

2.5. Stroh- und Strohmischpappe 22

2.6. Rohdachpappe 22

2.7. Karton 23

2.7.1. Maschinenkarton. 23

2.7.2. Chromoersatzkarton . . . 23

2.7.3. Wellpappenkarton 24

3. Faserrohstoffe 25

3.1. Holz 25

3.1.1. Nadelhölzer 26

3.1.1.1. Fichtenholz 26

3.1.1.2. Kiefernholz 26

3.1.2. Holzabfälle 27

3.2. Laubhölzer 27

3.2.1. Pappel 28

3.2.2. Birke. 28

3.2.3. Buche 28

3.3. Einjahrpflanzen 29

3.3.1. Getreidestroh 29

3.3.2. Schilf. 29

3.4. Alttextilien 30

3.5. Altpapier 30

3.6. Asbest 32

4. Hilfsstoffe 33

4.1. Füllstoffe 33

4.1.1. Kaolin 34

4.1.2. Talkum. 35

4.1.3. Asbestine 35

4.2. Leimstoffe und Imprägnierungsmittel 35

4.2.1. Kolophonium 35

4.2.2. Montanwachs 37

4.2.3. Wasserglas 38

4.2.4. Melaminharz 38

4.2.5. Schwefelsäure Tonerde . . 39

4.2.6. Natriumaluminat 39

4.3. Farbstoffe 40

4.4. Optische Aufheller 40

5. Lagerung der Roh- und Hilfsstoffe 41

5.1. Lagerung des Holzes . . . 41

5.2. Lagerung des Strohes. . . 43

5.3. Lagerung der Halbstoffe . 43

5.4. Lagerung der Hilfsstoffe . 45

5.4.1. Lagerung von Kaolin . . . 45

5.4.2. Lagerung von Harzleim. . 46

6. Aufbereitung der Rohstoffe zu Karton- und Pappenhalbstoffen 48

6.1. Mechanische Aufschlußverfahren 48

6.1.1. Weißschliff 48
6.1.1.1. Holz 48
6.1.1.2. Holzvorbereitung 48
6.1.1.3. Holztransport 53
6.1.1.4. Herstellung des weißen Holzschliffes 53
6.1.1.5. Sortierung 57
6.1.1.6. Bleiche des Holzschliffes . 58
6.2. Chemisch-mechanische Aufschlußverfahren . . . 60
6.2.1. Braunschliff 61
6.2.1.1. Geschichtliches 61
6.2.1.2. Holz 62
6.2.1.3. Kochen oder Dämpfen . . 62
6.2.1.4. Dämpfer 64
6.2.1.5. Schleifer 65
6.2.1.6. Sortierung 66
6.2.1.7. Holzausbeute 66
6.2.1.8. Nebenprodukte 66
6.2.2. Chemischer Holzschliff . . 66
6.2.2.1. Herstellung aus Knüppeln. 67
6.2.2.2. Herstellung aus Hackschnitzeln 73
6.2.3. Halbzellstoff-Verfahren . . 78
6.2.3.1. Definition des Begriffes und des Verfahrens 78
6.2.3.2. Entwicklung der Produktion von Halbzellstoff und des Halbzellstoff-Verfahrens . 79
6.2.3.3. Rohstoffe 80
6.2.3.4. Technologie moderner Halbzellstoff-Verfahren . . 80
6.2.3.5. Weitere Halbzellstoff-Verfahren 83
6.2.3.6. Ablaugenverwertung bei den Halbzellstoff-Verfahren . . 85
6.3. Gelbstrohstoff 85
6.3.1. Strohvorbereitung 86
6.3.2. Diskontinuierliches Verfahren 86
6.3.3. Kontinuierliches Verfahren 88
6.4. Regenerierung von Altpapier 89
6.4.1. Regenerierung durch Auswaschen 91
6.4.2. Flotationsverfahren . . . 93
6.4.3. Dispersionsverfahren . . . 97

7. Aufbereitung der Hilfsstoffe 101
7.1. Kaolinaufbereitung 101
7.2. Leimaufbereitung 103
7.3. Auflösen von Aluminiumsulfat und Natriumaluminat 104
7.4. Auflösen der Farben . . . 105

8. Aufbereitung der Halbstoffe 107
8.1. Klassisches Verfahren . . . 107
8.1.1. Auflösen im Kollergang . . 108
8.1.2. Auflöseholländer 110
8.1.3. Reinigung der aufgelösten Halbstoffe 112
8.1.4. Ganzstoffaufbereitung im Holländer 113
8.1.4.1. Vorgänge bei der Stoffmahlung 113
8.2. Holländerlose Aufbereitung 120
8.2.1. Auflösen der Halbstoffe im Stofflöser 120
8.2.2. Reinigung der aufgelösten Halbstoffe 127
8.2.2.1. Grobreinigung im Turbolöser 128
8.2.2.2. Reinigung auf Plan- und Rundsortierern 129
8.2.2.3. Reinigung in Wirbelschleudern 131
8.2.3. Entstippen 135
8.2.4. Bütten 142
8.2.5. Mahlung der Halbstoffe . . 143
8.2.5.1. Probleme der Stoffmahlung mit modernen Mahlmaschinen 144
8.2.5.2. Mahlmaschinen 149
8.3. Mechanisierung und Automatisierung der Stoffaufbereitung 153
8.3.1. Mechanisierung der Stoffaufbereitung 153
8.3.2. Automatisierung der Stoffaufbereitung 155
8.3.2.1. Niveaumessung, -regelung und -steuerung 157
8.3.2.2. Mengenmeß- und -regelanlagen 160
8.3.2.3. Druckregelung 166
8.3.2.4. Stoffdichteregelung 167
8.3.2.5. Dichteregelung von Kaolinsuspensionen 170
8.3.2.6. Schieber und Ventile . . . 170

8.3.2.7. Mahlgradkontrolle und -regelung 171
8.3.2.8. Steuerung der Stoffaufbereitung 174
8.3.2.9. Anwendung elektronischer Rechenanlagen 174
8.4. Stoffaufbereitungsanlagen 176
9. Erzeugung auf der Kartonmaschine 192
9.1. Konstanter Teil 192
9.2. Kartonmaschinen 193
9.2.1. Rundsiebmaschine 193
9.2.1.1. Rundsieb 193
9.2.2. Langsiebpartie. 210
9.2.2.1. Stoffauflauf 211
9.2.2.2. Registerpartie 216
9.2.2.3. Saugerpartie 221
9.2.2.4. Regulierung des Siebes . . 223
9.2.2.5. Wechseln des Siebes . . . 224
9.2.3. Inverform-Siebpartie . . . 225
9.2.4. Vorpressenpartie. 226
9.2.5. Gautsche 231
9.2.6. Pressenpartie 234
9.2.7. Trockenpartie 239
9.2.7.1. Heizung der Trockenpartie 249
9.2.7.2. Bespannung der Trockenpartie 251
9.2.7.3. Regulierung der Trockenfilze 252
9.2.8. Glättzylinder mit Deutscher Presse 254
9.2.9. Schlußgruppe 259
9.2.9.1. Kühlgruppe 259
9.2.9.2. Glättwerke 260
9.2.9.3. Rollapparat 262
9.3. Kombinierte Maschinen. . 264
9.3.1. Kombinierte Langsieb-Rundsieb-Maschine. . . . 264
9.3.2. Mehrlangsiebmaschine . . 268
9.3.3. Langsieb mit Sekundär-. . Stoffauflauf 268
9.4. Antrieb. 269
9.4.1. Mechanischer Antrieb. . . 271
9.4.2. Mehrmotorenantrieb . . . 271
9.5. Maschinenstrich und -streicheinrichtungen 272
9.5.1. Rohstoffe 273
9.5.1.1. Bindemittel 273
9.5.1.2. Pigmente 273
9.5.1.3. Sonstige Hilfsmittel . . . 273
9.5.2. Aufbereitung der Streichmassen 273
9.5.3. Leimpressen. 275
9.5.4. Massey-Streicheinrichtung. 279
9.5.5. Glätten des Striches mit der Bürstenmaschine . . . 280
9.6. Aufbereitung des Maschinenausschusses 281
9.6.1. Aufbereitung des Naßausschusses 282
9.6.2. Aufbereitung des Trockenausschusses 282
9.7. Abwasserhaushalt 283
9.7.1. Faserrückgewinnungsverfahren 285
9.7.1.1. Sedimentationsverfahren . 285
9.7.1.2. Flotationsverfahren . . . 286
9.7.1.3. Filtrationsverfahren . . . 286
9.7.2. Neuere Entwicklungen bei Faserrückgewinnungsanlagen. 286
9.7.2.1. Sedimentationsanlagen . . 286
9.7.2.2. Filtrationsanlagen 287
9.7.2.3. Flotationsanlagen 289
9.7.2.4. Kombinierte Anlagen. . . 290
9.7.3. Schließung des Wasserkreislaufes 291
9.7.4. Schleimbekämpfung . . . 293
9.8. Steuerung im Bereich der Kartonmaschine 294
9.8.1. Steuerung der Naßpartie . 294
9.8.2. Steuerung der Trockenpartie 296
9.8.2.1. Feuchtigkeitsmeß- bzw. -regelgerät 296
9.8.2.2. Messung und Regelung der Masse je Flächeneinheit. . 299
9.8.2.3. Messung der Zugspannung und der Zylinderoberflächentemperatur 300
10. Erzeugung auf Wickelpappenmaschinen 303
10.1. Konstanter Teil 303
10.2. Wickelpappenmaschine . . 303
10.2.1. Naßpresse mit Formatwalze 304
10.2.1.1. Format- oder Abnahmewalze. 304
10.2.1.2. Einstellung der Pappendicke 308
10.3. Stapeln der nassen Pappen 308

10.4. Pressen der Pappen . . . 309
10.5. Trocknen der Pappen . . . 311
10.5.1. Technische Trocknung . . 311
10.5.1.1. Trocknungskammern . . . 311
10.5.1.2. Hängetrockner 311
10.5.1.3. Flachbahntrockner 313
10.6. Kontinuierliche Pappenerzeugung 314

11. Ausrüstung des Kartons und der Pappen 317
11.1. Ausrüstung des Kartons . 317
11.1.1. Querschneider 317
11.1.2. Rollenschneidmaschine . . 318
11.1.3. Rollenpackmaschine . . . 319
11.1.4. Formatverpackung 320
11.2. Ausrüstung der Wickelpappen 321
11.2.1. Schälen der Pappen . . . 321
11.2.2. Stapeln und Einschweren der Pappen 322
11.2.3. Walzen und Glätten der Pappen 322
11.2.3.1. Theorie des Glättens . . . 322
11.2.3.2. Feuchten der Pappen . . . 323
11.2.3.3. Glättwerk 323
11.2.3.4. Stein- oder Achatglätte . . 324
11.2.4. Sortieren der Pappen . . . 325
11.2.5. Veredelung der Pappen . . 326
11.2.5.1. Lackieren der Pappen . . 326
11.2.5.2. Prägen der Pappen 327

12. Prüfung des Kartons und der Pappen 329
12.1. Prüfung der Roh- und Hilfsstoffe 329
12.2. Kontrolle der laufenden Fertigung 329
12.3. Prüfung des Fertigerzeugnisses 330
12.4. Prüfmethoden 330
12.4.1. Prüfung der Stoffzusammensetzung 330
12.4.1.1. Mikroskopische Methode . 331
12.4.1.2. Makroskopische Methode . 332
12.4.1.3. Prüfung des Mahlungsgrades 332
12.4.2. Prüfung des Aschegehaltes 333
12.4.3. Prüfung des pH-Wertes . . 334
12.4.3.1. pH-Wert 334
12.4.3.2. Prüfmethoden 335
12.4.4. Prüfung der physikalischen Eigenschaften 336
12.4.4.1. Bestimmung der Dicke und der Masse je Flächeneinheit 336
12.4.5. Bestimmung des Feuchtegehaltes 337
12.4.6. Bestimmung der Wasseraufnahme und Bestimmung der Längenänderung nach Wasserlagerung 337
12.4.7. Bestimmung der Saughöhe 339
12.4.8. Bestimmung des Weißgrades 340
12.4.9. Bestimmung der Glättezahl 341
12.4.10. Mechanische Prüfung . . . 342
12.4.10.1. Zugversuch 342
12.4.10.2. Bestimmung des Berstwiderstandes 343
12.4.10.3. Bestimmung der Biegefestigkeit 344
12.4.10.4. Bestimmung des Falzwiderstandes 345
12.4.10.5. Bestimmung der Härte von Pappen 345
12.5. Kontrolle der Abwässer . . 346
12.5.1. Abwassermessung mit Hilfe von Meßbehältern 346
12.5.2. Abwassermessung mit Hilfe von Wehren 347
12.5.3. Kontinuierliche Probeentnahme zur Ermittlung der Abwasserverluste 348

13. Fehler der Pappen und ihre Ursachen 351
13.1. Blättern oder Spalten der Pappen 351
13.2. Blasenbildung 352
13.3. Krümmen und Rollen der Pappen 352
13.4. Keilige Pappen 353
13.5. Quetschfalten 353
13.6. Runzeln oder Schnallen . . 354

Bildquellenverzeichnis 355
Literaturverzeichnis 356
Sachwortverzeichnis 361

1. Einleitung und geschichtlicher Abriß

Die Herstellung von Pappen ist nicht erst in den Jahren der Maschinenpapiererzeugung aufgekommen. Seinen eigentlichen Ursprung hat das Produkt auch nicht in der Papiermacherei, sondern bei den Buchbindern, die zur Herstellung der Buchdeckel ein starkes Papiererzeugnis brauchten.
Die ersten Pappen bestanden deshalb nicht aus mehreren aufeinandergegautschten Papierlagen. Die Buchbinder klebten mit Kleister oder Leim viele Papierbogen zusammen und erhielten so das gewünschte Erzeugnis. Das Zusammenleimen bezeichnete man auch als „Zusammenpappen". Hier dürfte also der eigentliche Ursprung für die Bezeichnung „Pappe" liegen.
Ein genauer Zeitpunkt, wann man mit dieser Art der Pappenherstellung begonnen hat, ist nicht zu ermitteln. Es gibt Bucheinbände, die aus der Zeit vor dem Jahre 1500 stammen. Bei diesen wurde neben mit Seide oder Leder bespannten Holzdeckeln auch das mehrfach zusammengeklebte Pergament als Buchdeckel verwendet. Nach dem Jahr 1500 findet man viele Pappdeckel, die aus beschriebenen oder bedruckten Papieren hergestellt sind und in der oben beschriebenen Weise von den Buchbindern erzeugt wurden.
Erst im 16. und 17. Jahrhundert findet man Hinweise darüber, daß die Papiermacher auch stärkere Papiererzeugnisse herstellten. Diese Herstellung erfolgte entweder durch Zusammengautschen mehrerer Bogen auf einem Filz oder dadurch, daß man den ersten Bogen auf dem Schöpfrahmen beließ und weitere Bogen auf diesen gautschte. Dieses mehrlagige Erzeugnis wurde dann auf einen Filz übertragen. Einen genauen Hinweis über die Pappenerzeugung bei den Papiermachern gibt *Kirchner* [1]: „Nach in den Akten des Ludwigsburger Finanzarchivs vorgenommenen Forschungen des Pfarrer *C. Wagner* zu Roigheim hatte der Papierer *Jobst Rödter* beim Bau der Papiermühle in Roigheim 1668 sich verpflichtet, außer den verschiedenen Papieren auch ein viertel Zentner Pappen zu liefern. In einer Preisliste von 1681 steht zum Schluß auch die Bemerkung, daß Pappen in dreierlei Schwere (in Roigheim) gefertigt werden und daß der Nürnberger wohlgewogene Zentner Pappen $4^1/_2$ fl. kostet."
L. Piette beschreibt 1833 zwei Arten der Pappenherstellung, wie sie bereits erwähnt wurden. Er spricht aber auch von den Vorteilen der Erdbeimischung und sagt dann weiter, daß man nach der Dicke der Pappen 5 Nummern unterscheidet. Ein Büttenarbeiter war in der Lage, an einem Tage 300 bis 500 Bogen, was einer Masse von 100bis 150 kg entsprach, zu schöpfen. Um 1833 werden auch die ersten geleimten Pappen erwähnt. *Kirchner* berichtet weiter, daß bereits 1735 im „Theatrum Maschinarum Molarium" bei der Aufzählung der Papiersorten auch die Pappen erwähnt werden. Wörtlich heißt es: „12. Hat man auch eine Art, so Pappen gennenet wird, da bey derselben Verfertigung viele Bogen aufeinander geklebt (gegautscht gemeint) werden, so daß man sie nicht wieder voneinander bringen kann. Die stärksten und größten Pappen brauchen die Tuch-Bereiter, die mittleren und schwächeren aber die Schönfärber, die Zeuge darinne zu pressen. Man hat auch sonst noch eine dergleichen Art Pappen, da die Bogen mittels eines Kleisters von Mehl und Wasser zusammengeklebet

und so dann zu Kleppel-Mustern gebraucht werden.“ 1796 schildert dann *Johann Beckmann* in der 4. Auflage seines Werkes „Anleitung zur Technologie“ in dem Abschnitt „Papiermacherey“ die Herstellung von Pappe wie folgt: „Außer den verschiedenen Arten Papier, werden auch allerlei Pappe, zum Gebrauche verschiedener Handwerkes, z. B. der Buchbinder, Tuchmacher, auch zu den lackierten Sachen, die man Papiermaché nennet, gemacht, in dem so viele Bogen gleich nach dem Schöpfen übereinandergelegt werden, als zur verlangten Dicke nötig ist. Die Mühle zum Rauschenwasser in unserer Nachbarschaft soll, weil das Wasser färbt, kein Papier machen können, daher sie nur Pappe, und zwar die Spähne und Glanzpappe in großer Vollkommenheit, macht.“ [2]

Nach der Erfindung der Papiermaschine wurde auch die Herstellung von Karton und Pappe auf die maschinelle Fertigung umgestellt. Dabei handelt es sich bei den ersten Maschinen, auf denen diese Erzeugnisse hergestellt wurden, um reine Langsiebmaschinen, die Massen von 400···1200 g/m² fertigten.

Während die Erfindung der Rundsiebmaschine in der Literatur unter dem Jahr 1805 angegeben wird, erfolgte der Bau der ersten Maschine erst im Jahre 1825. Bereits im Jahre 1829 hatte *Scheuffelen* in Heilbronn die erste Mehrrundsiebmaschine mit anschließender Trockenpartie aufgestellt. Während sich die Einzylindermaschine sehr schnell als „Wickelpappenmaschine“ verbreitete, wurde die Mehrrundsiebmaschine und die kombinierte Langsieb-Rundsieb-Maschine erst um die Jahrhundertwende in größerem Umfange eingeführt. Zu diesem Zeitpunkt begann auch die Fertigung von Karton aus mehreren Stoffbahnen, die aus unterschiedlichen Stoffarten bzw. Stoffzusammensetzungen bestanden.

Karton und Pappe sind heute nicht mehr nur ein Rohmaterial für die Buchbinder. Das Erzeugnis wird in großem Umfang für die Herstellung von Verpackungsmitteln aller Art eingesetzt. Darüber hinaus werden in nicht unbedeutendem Umfang Spezialpappen, wie Preßspan, Matrizenpappen, Kofferpappen und viele andere Sorten hergestellt, die bei den Verarbeitern nicht mehr zu entbehren sind.

Tabelle 1. Die Produktionsentwicklung bei Karton und Pappe in einigen Ländern in tausend Tonnen (kt)

Jahr	DDR	DBR	USA [2]	England	Frankreich	Finnland
1936 [1]	330,2					
1950	170,9	421,0	11166,0	717,0	259,0	131,0
1951	179,5	498,0	11849,0	717,0	330,0	205,0
1952	196,6	442,0	11083,0	625,0	233,0	147,0
1953	202,7	497,0	12472,0	733,0	283,0	197,0
1954	216,2	588,0	12414,0	811,0	315,0	255,0
1955	229,3	648,0	14100,0	881,0	345,0	289,0
1956	232,4	660,8	14500,0	930,0	379,0	293,0
1957	239,7	692,0	14300,0	1004,0	426,0	386,0
1958	246,2	724,5	14454,0	1078,0	407,0	422,0
1959	259,2	777,4	15885,0	1121,0	346,0	450,0
1960	267,6	866,2	15931,0	1221,0	386,0	524,0
1961	270,6	875,0	16000,0	1198,0	397,0	698,0
1962	283,4	901,0	15873,0	1179,0	398,0	786,0
1963	282,3	916,0	16400,0	1235,0	427,0	824,0

[1] Errechnet für das Gebiet der DDR [2] Einschließlich Baupappe

2. Karton- und Pappensorten

2.1. Begriffsbestimmung für Karton und Pappe

Bekanntlich kennt man in der Papierindustrie drei Grundgegriffe, nämlich Papier, Karton und Pappe. Die Rohstoffe für sämtliche drei Arten sind die gleichen, es sind Faserstoffe verschiedenster Art. Unterschiedlich ist nur die Technologie der Herstellung, die nachstehend für Karton und Pappe erläutert wird [3]: Die Herstellung dickerer Papiererzeugnisse, wie Karton und Pappe, erfordert in mancher Hinsicht Arbeitsverfahren und Hilfsmittel, die sich von denen zur Herstellung von Papier durchschnittlicher Dicke unterscheiden.

Ein dickeres Papiergebilde kann in Bogenform oder kontinuierlich auf drei grundsätzlich verschiedenen Wegen erzeugt werden:

1. durch Aufbringen von so viel Papierstoff auf das Sieb, daß nach der Entwässerung und Trocknung das Blatt die geforderte Dicke hat. Diese Pappen und Kartons bezeichnet man als „einlagig";
2. durch die Herstellung dünner Blätter auf mehreren Sieben und Vereinigung dieser noch wasserreichen und bildsamen Lagen durch Aufeinanderlegen und gemeinsames Pressen, durch Zusammengautschen und Trocknen. Diese Pappen und Kartons bezeichnet man als „mehrlagig";
3. durch Zusammenfügen mehrerer trockener, dünner Blätter mit Hilfe eines Klebemittels. Die auf diese Weise hergestellten Blätter sind wohl ebenfalls mehrlagig, jedoch ist die Zusammenfügung durch eine papierfremde Masse geschehen.

Die ein- und mehrlagigen Pappen und Kartons können auf verschiedene Weise hergestellt werden.

Die Erzeugung einlagiger Kartons und Pappen erfolgt

1. in unterbrochenem Arbeitsgang: Hierbei wird der Stoffbrei auf ein Sieb, das mit einem Rahmen versehen ist, durch Schöpfen aus der Bütte oder durch Aufgießen aufgebracht. Darauf erfolgt das Abgautschen auf den Filz und die Entwässerung durch Pressen. Dieses Verfahren wurde in der alten Handpapiermacherei angewendet und ist heute nur noch sehr selten zu finden;
2. in ununterbrochenem Arbeitsgang: Hierbei wird die Formung und Entwässerung des Stoffes auf einer Langsiebmaschine durchgeführt, die das Erzeugnis als endloses Band abgibt. Die Stoffmenge muß dabei so groß sein, daß das Blatt nach der Beendigung des Herstellungsganges, wie Entwässern, Pressen und Trocknen, die geforderte Dicke hat.

Die Erzeugung mehrlagig gegautschter Kartons und Pappen erfolgt

1. periodisch durch Erzeugung dünner Blätter auf dem Schöpfsieb, Aufeinandergautschen der Lagen bis zur gewünschten Dicke und Entwässern durch Pressen;

2. halbkontinuierlich: Hierbei wird eine ununterbrochene dünne, wasserreiche Papierbahn auf Lang- oder Rundsiebmaschinen erzeugt und auf einer Walze, genannt Formatwalze, aufgewickelt, und zwar so lange, bis die geforderte Dicke erreicht ist. Die zusammengegautschten Bahnen, die eine Schicht bilden, werden dann quer zur Laufrichtung zerteilt und von Hand oder automatisch abgenommen. Diese Erzeugnisse liegen als Bogen vor und werden auf Grund ihres Herstellungsganges als Wickelpappen bezeichnet;
3. kontinuierlich: Bei dieser Art der Herstellung werden mehrere dünne, wasserreiche Stoffbahnen auf mehreren Rund- oder Langsieben oder kombinierten Rund- und Langsieben erzeugt und dann zusammengeführt, durch Pressen zusammengegautscht und entwässert und anschließend auf der Trockenpartie getrocknet.

Zu der Frage, ob ein Erzeugnis als Papier, Karton oder Pappe zu bezeichnen ist, unterbreitete *Klemm* [4] bereits vor 30 Jahren einen Vorschlag. Er schlägt vor, die Einteilung nach der Masse je Flächeneinheit vorzunehmen. Dabei soll nach einem begriffssicheren Gebiet und nach begriffsunsicheren Grenzgebieten unterschieden werden. Als begriffssicheres Gebiet wurde vorgeschlagen:

7···150 g/m²	Papier,
150···450 g/m²	Karton,
600 g/m² und darüber	Pappe.

Als begriffsunsicheres Gebiet:

150···200 g/m²	dickes Papier und dünner Karton,
500···600 g/m²	dünne Pappe und dicker Karton.

Diese Begriffsbestimmung hat sich aber in der Praxis nicht durchgesetzt. Alle auf Wickelpappenmaschinen erzeugten Sorten werden unabhängig von ihrer Masse je Flächeneinheit als Pappen bezeichnet. Ausgenommen hiervon ist lediglich der Preßspan. Man findet aber auch für Sorten, die auf Langsieb- bzw. Mehrrundsiebmaschinen erzeugt werden, die Bezeichnung „Pappe". Als Beispiele seien hier genannt: Maschinenlederpappe, Rohdachpappe, Strohpappe, Graupappe, Holzpappe usw. Auch hierbei ist es gleich, welche Masse je Flächeneinheit das Erzeugnis hat. Dagegen bezeichnet man als „Karton" solche Sorten, die sowohl auf normalen Papiermaschinen (z. B. Postkarten, Elfenbeinkarton, Zellstoffkarton usw.) als auch auf speziellen Kartonmaschinen hergestellt werden (z. B. Maschinenkarton, der auch vielfach als Duplex- oder Triplexkarton bezeichnet wird, Chromoersatzkarton usw.). Dabei wird auch die Masse je Flächeneinheit nicht berücksichtigt. Während auf Wickelpappenmaschinen die oberste Grenze bei 3750 g/m² liegt, kann auf Kartonmaschinen nur Karton mit einer Masse bis maximal 1000 g/m², im allgemeinen aber nur bis 900 g/m² gearbeitet werden. Karton und Pappensorten, die eine größere Masse je Flächeneinheit haben sollen, müssen geklebt werden. Anschließend wird speziell auf die einzelnen Sorten eingegangen.

2.2. Pappen aus Holzschliff

2.2.1. Holzpappe

Für diese Pappen findet man oft auch die Bezeichnung „Weiße Holzpappen". Die Herstellung erfolgt auf Wickelpappenmaschinen (Wickelholzpappe) und besonders bei

dünnen Sorten auf Kartonmaschinen (Maschinenholzpappe). Als Rohstoff verwendet man sowohl reinen Holzschliff als auch Holzpappenabfälle. Es werden aber auch, und zwar ausschließlich auf Kartonmaschinen, Sorten hergestellt, die eine Altpapiereinlage und teilweise auch -rückseite haben. Auch der Zusatz von Zellstoffen ist üblich. Die Herstellung hat entsprechend den in der TGL 12307 festgelegten Gütebedingungen zu erfolgen.
Holzpappen werden entsprechend ihrer Qualität für die verschiedensten Verarbeitungszwecke eingesetzt. Infolge seiner hohen Reinheit dient das Produkt besonders zur Herstellung von Tortentellern, Schalen und Milchflaschenverschlüssen. Außerdem verwendet man die Pappe zur Herstellung von Feinkartonagen für die kosmetische und pharmazeutische Industrie sowie zur Verpackung empfindlicher Glaswaren. In gestrichenem Zustand wird die Pappe bzw. der Karton zur Herstellung von Plakaten und, sofern er mit Zellstoffzusatz gearbeitet wurde, zur Erzeugung gezogener Erzeugnisse, z. B. Ostereiern, eingesetzt. Als ein Sondererzeugnis bezeichnet man die „Bierfilzpappe", die entsprechend ihrem Verwendungszweck über eine hohe Saugfähigkeit verfügen muß und aus diesem Grund nach der Herstellung auf der Pappenmaschine und der Trocknung vor dem Stanzen und Bedrucken nicht weiter bearbeitet wird.

2.2.2. Lederpappe

Für diese Pappen findet man auch sehr oft die Bezeichnung „Braunholzpappen". Das hat seine Ursache in der Farbe des Erzeugnisses, die durch das Dämpfen des Holzes vor dem Schleifen entsteht. Die Herstellung dieser Pappen erfolgt sowohl auf Wickelpappenmaschinen (Wickellederpappe) als auch auf Kartonmaschinen (Maschinen lederpappe). Als Rohstoff verwendet man den aus gedämpftem Holz hergestellten Braunschliff. Der Zusatz von Lederpappenabfällen ist zulässig, Maschinenlederpappe kann aber auch als sogenannte Mischpappe mit bis zu 50 % Altpapier gearbeitet werden. Dieser Altpapieranteil sollte dann in der Einlage verarbeitet werden, die beiderseitig mit reinem Braunschliff gedeckt wird. Die Herstellung der Lederpappen erfolgt entsprechend den in der TGL 8-3030 festgelegten Güterichtlinien. Wegen ihrer hohen Festigkeitseigenschaften und der großen Zähigkeit eignen sich diese Pappen besonders für Erzeugnisse, die hohen mechanischen Beanspruchungen unterliegen. Darüber hinaus werden sie infolge ihrer hohen Reinheit und Keimfreiheit besonders zur Herstellung von Lebensmittelverpackungen, und zwar besonders für Butter-, Margarine- und Käseverpackungen eingesetzt. Sie finden auch weiterhin Verwendung als Verpackungsmaterial von Sprengmitteln und Munition.

2.3. Pappen aus Altpapier bzw. mit einem Zusatz von Zellstoff und anderen Faserstoffen

2.3.1. Graupappe

Unter diese Bezeichnung fallen verschiedene Pappensorten und -qualitäten für die unterschiedlichsten Verwendungszwecke. Die Gütemerkmale sind in der TGL 12305 festgelegt. Der Name Graupappe hat seine Ursache in der grauen Farbe, die von dem eingesetzten Rohstoff Altpapier herrührt.

2.3.1.1. Buchbinderpappe

An das Erzeugnis werden sehr hohe Anforderungen gestellt, die vor allem darin bestehen, daß die Pappen sich nicht werfen dürfen, auch dann nicht, wenn sie durch das Bekleben mit Papier oder anderen Stoffen naß werden. Darüber hinaus darf die Pappe keinesfalls blättern oder sich spalten, d. h. sich in ihre einzelnen Lagen trennen lassen. Da diese Pappen einer starken Beanspruchung unterliegen, wird eine hohe Festigkeit und Zähigkeit verlangt. Deshalb darf nicht Altpapier schlechthin als Rohstoff verwendet werden. Um eine einwandfreie, der TGL 8-3029 entsprechende Buchbinderpappe erzeugen zu können, verwendet man zweckmäßigerweise holzfreie und unbeschwerte Papierabfälle, wobei darauf zu achten ist, daß das Material sauber, d. h. frei von Unrat und Nichtfaserbestandteilen ist. Die Herstellung der Buchbinderpappe erfolgt überwiegend auf Wickelpappenmaschinen und neuerdings auch auf Kartonmaschinen. Der Grund hierfür liegt darin, daß die geforderte Gleichmäßigkeit auf Kartonmaschinen besonders gut zu erreichen ist. Wie bereits der Name sagt, wird diese Pappe speziell für buchbinderische Zwecke verwendet, und zwar zur Herstellung von Bucheinbänden, wie Buchdeckeln, Buchrücken, Sprungrücken. Auch Blockunterlagen und ähnliche Erzeugnisse werden aus diesem Material gefertigt.

2.3.1.2. Nagel- und Packpappe

Die Herstellung dieser Pappensorte erfolgt nur noch in den seltensten Fällen auf Wickelpappenmaschinen. Die wirtschaftlichste Form der Herstellung ist die auf der Langsiebmaschine, da es sich in der Regel um sehr schwache Pappen handelt. Als Rohstoff für die Herstellung von Nagel- und Packpappen genügen vollauf die gewöhnlichen Altpapiersorten. Es kommt bei der Herausarbeitung dieser Pappen weder auf Reinheit noch auf die Einhaltung einer bestimmten Qualität an. Die Pappe soll, entsprechend ihrem Verwendungszweck, aber einen weichen und lappigen und doch festen Charakter haben. Verwendet wird die Pappe zum Verpacken von Nägeln, Schrauben und Kleineisenteilen sowie zum Einschlagen von Büchern, Zeitschriften und ähnlichen Artikeln.

2.3.1.3. Kistenpappe

Die Herstellung dieser Pappen, die im allgemeinen eine Dicke von 3···4 mm haben sollen, erfolgt vorwiegend auf der Wickelpappenmaschine. Pappen, die in Dicken unter 3 mm zu arbeiten sind, können auch auf Langsiebmaschinen gearbeitet werden. In diesem Falle erhalten die Pappen bei vorsichtiger Pressung und Trocknung einen besonders voluminösen Charakter. An diese Pappensorte werden insofern besondere Anforderungen gestellt, als sie neben einer geringen Dichte eine gleichmäßige Dicke, gute Griffigkeit, gute Rill- und Biegefähigkeit sowie überhaupt gute Festigkeitseigenschaften aufweisen soll. Um diesen Forderungen entsprechen zu können, sind als Rohstoffe neben guten ungefüllten Altpapieren auch Zellstoffäste, Abfälle von Strohpappen und ähnliches einzusetzen. Betriebe, die sich auf die Herstellung dieser Pappensorte spezialisiert haben, setzen dem Stoff Sägespäne zu, um eine möglichst niedrige Dichte und gute Griffigkeit zu erreichen. Damit eine gewisse Wasserfestigkeit erreicht wird, ist eine Leimung im Stoff erforderlich. Der Einsatz dieser Pappensorte erfolgt speziell zur Herstellung von Bahnversandkisten und Kartonagen für größeren Inhalt.

2.3.1.4. Ziehpappe

Die Herstellung dieser Pappen erfolgt sowohl auf der Wickelpappenmaschine als auch auf der Kartonmaschine, wobei auf letzterer besonders die dünnen Sorten gearbeitet werden. Die Bedingungen, die an die Qualität dieser Pappen gestellt werden, sind in erster Linie große Zähigkeit und Geschmeidigkeit, damit sie beim Ziehvorgang nicht reißen und der gezogene Gegenstand nach dem Ziehen sein Form behält. Man sagt in diesem Falle: „Die Pappe steht."
Das erfordert aber wiederum, daß die einzusetzenden Altpapiersorten nicht stark beschwert sein dürfen. Es kommen deshalb zweckmäßigerweise Abfälle von besserem Schreib- und Druckpapier sowie Akten und Spinnpapierabfälle zum Einsatz. Um den aus dieser Pappe herzustellenden Erzeugnissen ein gutes Aussehen zu verleihen, werden Ziehpappen nicht selten auf der Kartonmaschine mit einer weißen oder farbigen Decke gearbeitet. Die Pappe wird besonders zur Herstellung von gezogenen Dosen und Behältern, Tierfiguren, Ostereiern und ähnlichen Erzeugnissen eingesetzt.

2.3.2. Hart- oder Feinpappe

Unter Hartpappen, die auch vielfach als Feinpappen bezeichnet werden, versteht man diejenigen Pappensorten, die man zu Spezialzwecken bzw. dort einsetzt, wo hohe Anforderungen an das Erzeugnis gestellt werden. Das bedeutet also, daß die Pappen hohe Zähigkeit, Biegefestigkeit und -steifigkeit, zum Teil auch Härte aufweisen müssen. In einigen Fällen wird von dieser Pappensorte sogar Wasserfestigkeit gefordert. Die Herstellung der Hart- oder Feinpappen erfolgt bis auf eine Ausnahme, nämlich Rollenpreßspan, auf Einzylinder-Wickelpappen-Maschinen, da sich nur auf dieser Maschine die geforderten Güteeigenschaften, die in der TGL 12309 festgelegt sind, erreichen lassen. Die Herstellung einer qualitativ einwandfreien Hartpappe, welche die oben erwähnten Güterichtlinien erreicht, erfordert den Einsatz der hierzu geeigneten Rohstoffe. Zu diesen gehören in erster Linie gute, möglichst holzfreie Altpapiere, wie Akten, weiße Späne u. a. Diese Altpapiersorten sollen außerdem möglichst wenig Füllstoffe enthalten, weil diese das Erzeugnis weich und lappig machen. Bei ganz speziellen Hartpappensorten verwendet man auch gewisse Zusätze möglichst hart abgekochter Zellstoffe. Zu diesen Sorten gehören besonders Preßspan, Schuhpappen, Kofferpappen. Außerdem wird zur Herstellung von Preßspan zum Teil auch mit einem Zusatz von Asbest gearbeitet, um eine bessere Hitzebeständigkeit zu erzielen. Entsprechend dem Einsatzgebiet werden die Pappen bis auf geringfügige Ausnahmen gefärbt. Dagegen erfolgt in allen Fällen eine Leimung der Pappen mit Harz- oder Bitumenleim. Teilweise wird auch bei den Pappen, von denen eine gewisse Wasserfestigkeit gefordert wird, mit einem Zusatz von Wasserglas gearbeitet.

2.3.2.1. Preßspan

Die Herstellung des Preßspans erfolgt bei den schwachen Sorten bis 0,5 mm auf der Langsieb- oder Mehrrundsiebmaschine. Alle anderen Sorten, die in ihrer Dicke darüber liegen, werden auf der Wickelpappenmaschine erzeugt. Preßspan ist ein Pappenerzeugnis, von dem man hohe Güteeigenschaften fordert. Die erste Erwähnung findet der Preßspan im 18. Jahrhundert in England und 1775 in Deutschland, wo er zu-

nächst nur in der Textilindustrie in der Appretur eingesetzt wurde. Aus dieser Zeit und vom Verwendungszweck her rührt auch die Bezeichnung Preßspan. Das Material wurde zum Glätten von Geweben als Zwischenlage in den Appreturpressen eingesetzt. Die Haupteinsatzgebiete liegen jetzt vor allem in der Elektroindustrie und weiter auch heute noch in der Textilindustrie. Außerdem wird er in den entsprechenden Qualitäten auch zur Herstellung von Mützenschirmen, in der Bürotechnik zur Herstellung von Schnellheftern und Karteizwischenlagen eingesetzt, weiterhin zur Herstellung von Umschlägen für Blocks und Durchschreibebücher. Weitere Verwendungsgebiete liegen in der Schuhindustrie als Schuh- und Modellpreßspan.

Elektropreßspan

Der Elektropreßspan wird in der Elektrotechnik zur Isolierung spannungsführender Teile, wie Transformatoren, Elektromotoren, Schaltgeräte, Schaltanlagen u. a., eingesetzt, weil er die gestellten Anforderungen in bezug auf Reinheit, Säuren- und Laugenfreiheit, geringen Gehalt an Mineralstoffen und hohe Festigkeit erfüllt. Darüber hinaus muß das Material entsprechend den Güterichtlinien der TGL 20807 über eine hohe elektrische Durchschlagsfestigkeit und gute Wärmebeständigkeit verfügen. Auch hohe Glätte, Steifigkeit und Elastizität sowie geringes Flächenveränderungsvermögen und niedriger Feuchtigkeitsgehalt werden gefordert. Bei der Herstellung von Elektropreßspan ist besonders auf die Qualität des Fabrikationswassers zu achten, um die geforderten elektrischen Werte erreichen zu können.

Textilpreßspan

Bezüglich der Erzeugung gilt das gleiche, was bereits unter Ziffer 2.3.2.1. gesagt wurde. Bei dieser Qualität kommt es nicht auf elektrische Eigenschaften, sondern vielmehr auf die Erzielung einer hohen Glätte und auf die Härte der polierten Oberfläche an. Weiter verlangt man von diesem Preßspan, daß er eine große Wärmebeständigkeit hat. Das Material wird, wie der Name bereits sagt, in der Textilindustrie als Hilfsmaterial in der Appretur verwendet. Durch seine hochpolierte Oberfläche erteilt er dem Gewebe beim Pressen unter Verwendung von Wärme einen gleichmäßigen Glanz. Das geschieht so, daß das nasse Gewebe zwischen zwei Tafeln Preßspan in einer beheizten Glättpresse einem hohen Druck ausgesetzt wird.

2.3.2.2. Kofferpappe

Diese Pappensorte wird grundsätzlich auf der Wickelpappenmaschine hergestellt, weil nur diese für die Herstellung geeignet ist und nur auf ihr die in der TGL 12308 festgelegten Güterichtlinien eingehalten werden können. Wie bereits der Name sagt, verwendet man diese Pappen fast ausschließlich zur Herstellung von Koffern. Das bedeutet, daß an das Material sehr hohe Anforderungen gestellt werden, vor allem bezüglich einer hohen Festigkeit, besonders Biegefestigkeit und -steifigkeit sowie Standfestigkeit. Darüber hinaus muß die Oberfläche geschlossen sowie ohne Knoten sein. Die Pappen müssen absolut flach liegen und dürfen sich nicht werfen. Eine der wichtigsten Anforderungen ist eine gewisse Wasserfestigkeit. Kofferpappen werden in den wenigsten Fällen als glatte Pappen geliefert. Die Lieferung erfolgt entsprechend dem Verwendungszweck in verschiedenfarbigen Lackierungen und weiterhin mit Prägungen in den verschiedensten Dessins. Aus den vorgenannten Gründen ist es

erforderlich, auf die Auswahl der Rohstoffe besonders zu achten. Es sollen Altpapiersorten verwendet werden, die einen möglichst geringen Anteil an Holzschliff und Füllstoffen haben. Zweckmäßig ist auch die Verwendung eines gewissen Anteiles harter Sulfit- oder Sulfatzellstoffe. Zur Leimung der Pappen verwendet man vorwiegend Harzleim. Wenn es aber auch auf eine gute Imprägnierung ankommt, so eignen sich hierzu auch Latex-, Wachs- und Bitumen-Emulsionen. Besondere Sorgfalt ist bei der Herausarbeitung auf der Pappenmaschine anzuwenden. Neben einer guten Feinreinigung des Stoffes muß mit dünnen Elementarlagen gearbeitet werden. Zum Färben verwendet man zweckmäßig Anilinfarben, wobei ein geringer Zusatz von Erdfarben für die Geschlossenheit der Oberfläche vorteilhaft ist.

2.3.2.3. Jacquardpappe

Die Erzeugung von Jacquardpappen erfolgt ausschließlich auf der Wickelpappenmaschine. An das Erzeugnis werden entsprechend der TGL 12206 außerordentlich hohe Anforderungen gestellt. Die Jacquardpappen, auch vielfach als „Weberbögen" bezeichnet, finden in der Weberei zum Einweben der Muster Verwendung. Die Muster werden in Form von Löchern in der „Karden" eingeschlagen. Durch diese Musterlöcher der über ein Prisma laufenden Jacquardpappen werden „Platinen" bzw. mit diesen verbundene Platinennadeln gesteuert, welche die dem Muster entsprechende Fachbildung zustande kommen lassen. Der Verwendungszweck setzt eine absolut flach liegende Pappe voraus, die sich auch nicht werfen darf. Eine ausschlaggebende Güteforderung ist ein äußerst geringes Flächenveränderungsvermögen. Im unmittelbaren Zusammenhang damit steht die Forderung nach einem geringen Vermögen zur Aufnahme von Feuchtigkeit. Die Pappen müssen zäh und knotenfrei gearbeitet werden und dürfen nicht brechen oder reißen. Um die Güteforderungen erfüllen zu können, ist auf die Rohstoffauswahl und -zusammensetzung großer Wert zu legen. Deshalb müssen ausschließlich beste Altpapiersorten zum Einsatz kommen. Dabei sind besonders holzfreie Qualitäten mit geringer Beschwerung zu bevorzugen. Weiterhin eignen sich auch gewisse Zusätze von harten Sulfitzellstoffen und ein geringer Zusatz von Feinstschliff.

2.3.2.4. Briefordnerpappe

Auch diese Hartpappensorte wird ausschließlich auf Wickelpappenmaschinen gearbeitet. Man findet auch oft anstelle der Bezeichnung Briefordnerpappe den Namen „Marmorpappe". Diese Benennung rührt daher, daß die Pappe in den meisten Fällen nicht einfarbig gearbeitet, sondern auf der Oberfläche mit einer Marmorierung versehen wird. Diese Pappen werden ausschließlich zur Herstellung von Briefordnern verwendet. Entsprechend dem Verwendungszweck werden auch bestimmte Anforderungen an die Qualität des Erzeugnisses gestellt. Diese bestehen darin, daß die Pappe absolut flachliegend gearbeitet werden muß und sich keinesfalls werfen darf. Sie soll weiterhin eine große Härte aufweisen und über ein gutes Stehvermögen verfügen. Auf keinen Fall darf die Pappe spalten. Die Oberfläche muß vollkommen geschlossen und frei von Knoten sein. Um diesen Güteforderungen gerecht werden zu können, sind für die Herstellung gute, möglichst holzfreie Rohstoffe oder solche mit einem geringen Anteil von Holzschliff und Füllstoff einzusetzen.

2.3.2.5. Schuhpappe

Wie bereits der Name sagt, wird diese Pappensorte ausschließlich in der Schuhindustrie zur Herstellung von Brandsohlen, Gelenkstücken und Kappen als Austauschwerkstoff für Leder eingesetzt. Dementsprechend unterscheidet man nach Brandsohlenpappen, Gelenkstücken- und Kappenpappen. Entsprechend ihrer Verwendung wird von der Pappe hohe Festigkeit und Zähigkeit gefordert. Die Güterichtlinien sind in der TGL 5575550 · 01 enthalten. Es wird weiter verlangt, daß die Pappen ein gutes Stehvermögen aufweisen. Um vor allem auch ein Spalten im nassen Zustand zu vermeiden, muß eine gewisse Wasserfestigkeit vorhanden sein. Bei Gelenkstückpappen kommt es infolge der auftretenden hohen mechanischen Biegebeanspruchung auf eine hohe Biegefestigkeit und -steifigkeit an. Kappenpappen müssen gute Ziehfähigkeit aufweisen. Um diese Qualitätsforderungen zu erreichen, ist der Auswahl und Zusammensetzung der Rohstoffe besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Es ist notwendig, hochwertige Altpapiere zu verwenden, die möglichst keinen Holzschliff und Füllstoff enthalten. Zum Einsatz eignen sich auch harte Zellstoffe. Darüber hinaus ist auf eine gute Leimung besonders zu achten.

2.3.2.6. Karosserie- und Kinderwagenpappe

Entsprechend ihrem Einsatz im Karosseriebau und zur Herstellung von Kinderwagenteilen werden auch an diese Pappe besondere Anforderungen gestellt. Entsprechend den Güterichtlinien der TGL 12309 wird von der Pappe eine hohe Festigkeit und Zähigkeit gefordert. Weiterhin muß die Pappe zieh- und prägefähig sein und darf auch im nassen Zustand nicht spalten. Das wiederum bedeutet, daß die Pappe gut geleimt sein und damit auch eine gewisse Wasserfestigkeit aufweisen muß. Dementsprechend ist auch hier auf die Rohstoffauswahl und -zusammensetzung besonderer Wert zu legen. Zur Herstellung dieser Pappen sollen möglichst holzfreie und wenig Füllstoff enthaltende Altpapiere verwendet werden.

2.3.2.7. Stanzunterlagspappe

Diese Pappen werden als Unterlage beim Stanzen von Papier, Karton, Pappe und dünnen Blechen sowie anderen Materialien verwendet, um als Unterlage den Stanzklotz bzw. das Stanzmesser vor Beschädigungen zu schützen. Deshalb werden an diese Pappensorte auch besondere Anforderungen gestellt, die in der TGL 12309 festgelegt sind. Trotz einer gewissen Härte, die verlangt wird, soll die Pappe andererseits auch elastisch sein. Durch das viele Stanzen lassen sich Schnittkreuzungen nicht vermeiden. Die Pappe darf jedoch an diesen Stellen nicht ausbrechen. Gleichzeitig wird eine gute Flachlage gefordert. Die Pappen dürfen nicht spalten und sollen an der Oberfläche frei von Knoten und Fremdkörpern sein. Entsprechend diesen Qualitätsforderungen sind die Rohstoffe gut auszuwählen, und ihre Zusammensetzung zur Herstellung der Pappen ist besonders zu beachten. Auf jeden Fall ist auf stark holzhaltige Altpapiere zu verzichten. Außerdem ist ein zu hoher Anteil an Füllstoffen nicht erwünscht. Auch diese Pappe muß im Stoff geleimt werden.

2.3.2.8. Radio-Rückwandpappe

Entsprechend dem Verwendungszweck werden auch an diese Pappensorte Güteforderungen gestellt, die ebenfalls in der TGL 12309 verankert sind. Die Pappen finden ihre Verwendung speziell als Rückwände für Radio- und Fernsehapparate. Daraus ergibt sich, daß die Pappe eine absolute Flachlage aufweisen muß und bei wechselnden Feuchtigkeitsgraden sich nicht werfen und auch keiner großen Flächenveränderung unterliegen darf. Auch auf die Stanzfestigkeit ist großer Wert zu legen. Man verwendet deshalb Altpapiere mit einem geringen Anteil von Holzschliff und Füllstoff. Die Pappe wird im allgemeinen in Dicken von 0,8···2,0 mm ausschließlich auf der Wickelpappenmaschine gearbeitet, wobei besonders auf nicht zu hohes Lagengewicht zu achten ist.

2.3.2.9. Brandpappe

Der Einsatz von Brandpappen erfolgt ausschließlich in der Textilindustrie beim Heißpressen von Geweben als Schutz gegen die heißen Eisenplatten. Zu diesem Zweck müssen die Pappen besonders stark sein. Sie werden im allgemeinen in Dicken von 6···16 mm benötigt. Infolgedessen ist eine Erzeugung auf der Wickelpappenmaschine technologisch und auch wirtschaftlich nicht mehr möglich, weil schon die Erzeugung von Pappen bis zu 6 mm Dicke auf dieser Maschine mit einem hohen Anfall von Ausschuß verbunden ist. Man arbeitet deshalb eine Hartpappe in den wirtschaftlichen Dicken heraus und klebt dann je nach Notwendigkeit drei bis sechs Lagen mit einer speziellen Pappen-Klebemaschine aufeinander. Die zur Herstellung der Brandpappe notwendigen Rohstoffe entsprechen denen der üblichen Hartpappe.

2.3.3. Matrizenpappe

Hier handelt es sich um eine Spezialpappe, die als ein sehr hochwertiges Pappenerzeugnis anzusehen ist, das ausschließlich von der grafischen Industrie in der „Trokkenstereotypie" verwendet wird. Die Trockenstereotypie ist ein Verfahren, bei dem die Schriftzeichen bzw. die Bildformen mittels einer Presse in die Pappe eingepreßt werden. Von dieser Matrize werden sodann in einer Gießmaschine die Druckplatten in der benötigten Anzahl von Abgüssen hergestellt. Der Abguß unter Verwendung von flüssigem und heißem Metall stellt außerordentlich hohe Anforderungen an die Pappe. So wird zum Beispiel von einer Matrizenpappe gefordert, daß sie bildsam ist. Bildsamkeit heißt aber, daß sich die Buchstaben und Bildraster so einwandfrei in die Pappe einprägen lassen, daß sich wiederum saubere, scharfe und vollkommen einwandfreie Abgüsse herstellen lassen. Um diese Forderung erfüllen zu können, muß die Pappe einerseits eine gewisse Weichheit, andererseits aber auch eine bestimmte Elastizität aufweisen. Sie darf beim Prägen auch nicht ausreißen oder ausbrechen. Deshalb ist es eine unbedingte Voraussetzung, daß die Oberfläche der Pappe absolut geschlossen und völlig frei auch von den kleinsten Knötchen ist. Es muß also alles vermieden werden, was irgendwie zu Fehlern beim Abguß führen kann. Die Pappe darf auch nicht rupfen oder stauben, weil dadurch beim Guß kleine Faserteilchen im Metall hängenbleiben bzw. aus ihr herausgerissen werden, wodurch die Mater beschädigt und für weitere Abgüsse unbrauchbar wird. Andererseits erhält man aber auch unsaubere Druckplatten, die entweder ganz unbrauchbar werden oder einen

schlechten Druck zur Folge haben. Eine weitere, nicht minder hohe Forderung der grafischen Industrie ist die Erzielung einer hohen Abgußzahl. Dabei liegen die Forderungen nicht selten bei 50 und mehr Abgüssen. Die geschilderten Gütebedingungen stellen an die Auswahl und Zusammensetzung der Rohstoffe und bei der Fertigung außerordentlich hohe Anforderungen. Man muß deshalb Altpapier von Büchern, Banknoten und ähnlichen Sorten verwenden, die sorgsam ausgewählt bzw. sortiert sein müssen. Außerdem werden sowohl Zellstoffe als auch Hadernhalbstoffe eingesetzt. Auf der Pappenmaschine muß bei hoher Verdünnung (etwa 200fach) mit besonders geringer Auflaufdicke (etwa 30 g/m²) gearbeitet werden. Da die „Mater", wie das Endprodukt bezeichnet wird, auf der Bildseite sehr glatt sein und eine geschlossene Oberfläche haben muß, erfolgt eine Satinage auf einem Friktionsglättwerk, dessen obere Walze beheizt ist. Dabei darf nicht mit zu hohem Liniendruck gearbeitet werden, da man mehr ein Glattschleifen, aber keine Verdichtung erreichen will. Eine Verdichtung ist der Weichheit abträglich.

2.4. Asbestpappe

Die Herstellung dieser Pappen erfolgt unter Verwendung von Asbest mit einem geringen Zusatz von Zellstoffasern. Das Material wird, da Asbest nicht brennbar ist, ausschließlich für Dichtungs- und Isolierzwecke verwendet. Die Erzeugung kann sowohl auf der Wickelpappenmaschine als auch auf der Langsiebmaschine erfolgen.

2.5. Stroh- und Strohmischpappe

Diese Pappen werden entweder aus reinem Gelbstrohstoff oder aus einem Gemisch desselben mit einem Anteil an Altpapier hergestellt. Die Herstellung erfolgt im allgemeinen auf der Langsiebkarton-Maschine. In einzelnen Fällen verwendet man auch Wickelpappenmaschinen für ihre Erzeugung. Teilweise erfolgt ein Kaschieren der Pappen mit weißen Natur- oder gestrichenen Papieren. Sie werden hauptsächlich für die Herstellung von Kartonagen für die Waschmittel- und Schuhverpackung verwendet. Auch zur Herstellung von Blockrückseiten, Zigarrenkisten, Etuis und ähnlichen Erzeugnissen erfolgt der Einsatz von Strohpappen. Eine Verwendung für die Herstellung von Lebensmittelverpackungen ist nicht zulässig. Die Güterichtlinien sind in der TGL 12306 festgelegt.

2.6. Rohdachpappe

Die Herstellung von Rohdachpappe erfolgt im allgemeinen auf Langsiebmaschinen, die mit einer unbespannten Trockenpartie ausgerüstet sind. Aber auch auf Rundsiebmaschinen werden Rohdachpappen hergestellt. Rohdachpappe ist der Rohstoff für die Herstellung von Dachpappe. Zur Erzeugung einer einwandfreien Dachpappe gehört ein Rohmaterial, das den Gütebedingungen entspricht, die von den Verbrauchern gefordert werden. Da Rohdachpappe mit Steinkohlen- und Braunkohlenteerprodukten in heißem Zustand imprägniert wird, ist es notwendig, daß zu ihrer Herstellung Rohstoffe verwendet werden, die eine hohe Saugfähigkeit und ein gutes Aufnahmevermögen für das Imprägnierungsmittel haben. Aus diesem Grunde setzt man

zur Herstellung von Rohdachpappe als überwiegenden Rohstoffanteil Lumpen und textile Abfälle aus Reißereien ein. Ein weiterer Anteil sind minderwertige Altpapiere. Auch mineralische Stoffe, z. B. Glasfasern, Schlacken- und Basaltwolle, sind als Rohstoffeintrag zugelassen, weil sie die Haltbarkeit des Produktes erhöhen. Dabei ist aber zu beachten, daß dieses Material von einwandfreier Qualität sein muß, d. h., es dürfen keine Schmelzperlen enthalten sein. Diese fallen zum größten Teil in der Trockenpartie aus der Pappe aus und verursachen Löcher. Die Folge davon ist, daß die aus diesem Material gefertigte Dachpappe nicht dicht wird, weil das Imprägnierungsmittel nicht in der Lage ist, die Löcher zu schließen. Die Gütemerkmale sind in der TGL 8-3022 festgelegt.

2.7. Karton

Karton ist ein ein- oder mehrlagiges Erzeugnis, das auf Kartonmaschinen mit mehreren Rundsieben oder auf einer Ein- bzw. Mehrlagensiebmaschine oder Kombinationen hergestellt wird. Karton wird in den verschiedensten Qualitäten hergestellt, die für den entsprechenden Verarbeitungszweck jeweils eingesetzt werden können. Die Kartonmaschinen ermöglichen infolge ihrer Konstruktion, die einzelnen Kartonlagen mit unterschiedlichen Rohstoffzusammensetzungen herzustellen. So werden für die Herstellung der verschiedenen Kartonsorten sowohl Altpapiere verschiedenster Qualitäten als auch Holzschliff, Chemischer Holzschliff und Zellstoffe in gebleichtem und ungebleichtem Zustand eingesetzt.

2.7.1. Maschinenkarton

Dieser Karton führt auch oftmals die Bezeichnung „Duplex- oder Triplexkarton". Mit dieser Bezeichnung wird die Verschiedenheit der Stoffzusammensetzung dokumentiert. Der Maschinenkarton wird in großem Umfange zur Herstellung von Verpackungsmitteln für die Lebensmittelindustrie, die Textilindustrie und die Schuhindustrie eingesetzt. Da diese Verpackungsmittel in fast allen Fällen mit einem Mehrfarbendruck versehen werden, kommt es darauf an, besonders die Decke mit solchen Rohstoffen zu arbeiten, die eine möglichst hohe Glätte und Weiße garantieren. Die Art der Verarbeitung erfordert aber auch, daß der Karton rill- und ritzfähig ist. Diese Forderung stellt also an den Hersteller die Bedingung, daß der Karton beim Verarbeiten nicht bricht und nicht platzt. Die Güterichtlinien, nach denen der Karton herzustellen ist, sind in der TGL 3678 (Schachtelkarton) festgelegt.

2.7.2. Chromoersatzkarton

Die Herstellungsweise dieses Kartons ähnelt der des Maschinenkartons. Es werden die gleichen Maschinen verwendet. Während man bei Maschinenkarton mit zwei bis drei Lagen verschiedener Stoffzusammensetzung arbeitet, wird bei Chromoersatzkarton zwischen Decke und Einlage noch eine sogenannte Schonschicht gearbeitet. Aufgabe dieser Schonschicht ist es, ein Durchscheinen der dunklen Einlagestoffe zu verhindern und gleichzeitig die Oberfläche der Einlage zu egalisieren, um ein einwandfreies Aufarbeiten der Decke zu ermöglichen und damit auch eine gleichmäßige

Oberfläche möglichst hoher Glätte und Reinheit zu gewährleisten. Chromoersatzkarton wird nach den Gütebedingungen der TGL 2966-56 gearbeitet. Das Material wird besonders zur Herstellung von Zigarettenschachteln, zum Verpacken hochwertiger Nahrungs- und Genußmittel sowie von Kosmetika und Arzneimitteln eingesetzt. Da diese Verpackungsmittel im Mehrfarbendruck gestaltet werden, verlangt man eine besonders hohe Glätte und Weiße. Außerdem muß der Karton rill- oder biegefähig sowie ritz- oder stanzfähig sein, um die Herstellung einwandfreier Verpackungsmittel (Schachteln) zu ermöglichen.

2.7.3. Wellpappenkarton

Diesen Karton arbeitet man sowohl auf Mehrrundsieb- als auch auf Langsiebmaschinen, die mit Sekundärstoffauflauf ausgerüstet sind. Dieser Karton wird hauptsächlich zur Herstellung von Wellpappe verwendet, aber auch zur Erzeugung von gewickelten Eimern und Dosen. Entsprechend seinem Verwendungszweck als Wellpappenmaterial werden an den Karton spezielle Anforderungen gestellt, die in der TGL 3678 festgelegt sind. Die Gütebedingungen beziehen sich speziell auf Rill-, Ritz- und Ziehfähigkeit, Bedruckbarkeit und die Erreichung eines bestimmten relativen Berstwiderstandes in den einzelnen Sorten. Als Rohstoffe werden Altpapiere, Holzschliff, Gelbstrohstoff und Zellstoffe verwendet. Um einen besonders hochwertigen Wellpappenkarton zu erhalten, arbeitet man seit längerer Zeit bereits mit Halbzellstoffen oder mit einer Decke aus reinem Sulfatzellstoff. Auch die Imprägnierung zur Erzielung einer wasserabweisenden Wirkung wird in erheblichem Maße bereits durchgeführt.

3. Faserrohstoffe

3.1. Holz

Das Holz ist der größte Faserlieferant der Zellstoff-, Papier-, Karton- und Pappenindustrie. Bis vor nicht allzulanger Zeit wurden zur Herstellung von Faserstoffen fast ausschließlich Nadelhölzer eingesetzt. Der Einsatz von Laubhölzern hat besonders in der Zeit nach dem zweiten Weltkrieg einen bedeutenden Aufschwung genommen, nachdem Verfahren zur Gewinnung einer hochwertigen Papierfaser auch aus Laubhölzern entwickelt waren. Von den Nadelhölzern war es die Fichte, die den Hauptanteil des Bedarfs deckte und auch heute noch als Hauptfaserlieferant anzusprechen ist. Während in den dreißiger Jahren der Kiefernanteil noch gering war und etwa 6 % betrug, entwickelte sich dieser in den darauffolgenden Jahren sehr schnell. Durch den Raubbau in den Jahren bis 1945 haben die Nadelholz- und besonders die Fichtenbestände ganz bedeutend gelitten, so daß ein erheblicher Rückgang der Waldfläche eingetreten ist. In Auswirkung des faschistischen Raubkrieges wurden auch noch in den Jahren nach 1945 große Bestände geschlagen, um den Holzbedarf für die Industrie decken zu können. Diese Situation, die einen Rohstoffmangel bei Nadelholz zur Folge hatte, hat dazu geführt, daß die Zellstoff- und Papierindustrie sich in verstärktem Maße mit der Verwertung der Laubhölzer beschäftigt hat. Es wurden Technologien entwickelt, mit deren Hilfe die gegenüber der Nadelholzfaser bedeutend kürzere Laubholzfaser möglichst unbeschädigt aus dem Faserverband herausgelöst und damit eine hochwertige Papierfaser gewonnen werden konnte. In der Tabelle 2 ist der Faserholzeinschlag der Jahre 1950 bis 1963, aufgeschlüsselt nach

Tabelle 2. Nutz-Derbholzeinschlag nach Holzsorten in der Deutschen Demokratischen Republik in 1000 Erntefestmetern ohne Rinde [5]

Jahr	insgesamt	davon Faserholz	Fichte	Kiefer	Buche
1950	9485,0	2090,0	1579,0	249,0	262,0
1951	10404,0	2241,0	1602,0	323,0	316,0
1952	8565,3	1879,3	1325,9	330,5	240,9
1953	9107,4	2218,0	1438,6	361,4	418,0
1954	8701,8	2115,9	1303,4	380,4	432,1
1955	8263,4	2067,1	1255,6	363,2	448,3
1956	7652,0	1726,3	1027,2	296,4	402,7
1957	7474,2	1783,9	1001,9	393,9	388,1
1958	7526,2	1594,4	910,5	410,7	273,2
1959	6867,3	1506,6	805,6	400,2	300,8
1960	7195,7	1490,0	840,5	371,6	277,9
1961	6941,2	1330,9	633,6	399,7	297,6
1962	6905,2	1358,0	640,3	374,6	343,1
1963	6338,2	1521,5	711,6	461,0	348,9

Tabelle 3. Einfuhr ausgewählter Erzeugnisse (Faserholz) 1950 bis 1963 in 1000 fm [5]

Jahr	Fichte	Kiefer	Buche
1950	.	.	.
1951	—	—	—
1952	—	1,0	—
1953	15,0	1,5	—
1954	24,8	0,9	—
1955	248,7	173,7	13,4
1956	269,4	140,3	17,8
1957	441,2	26,9	63,7
1958	467,8	10,5	121,2
1959	443,2	11,1	87,7
1960	565,2	—	110,5
1961	589,2	—	118,4
1962	711,5	—	114,9
1963	689,7	—	102,5

Nadel- und Laubholz, in der Deutschen Demokratischen Republik und in der Tabelle 3 der Import ab 1950 ausgewiesen.
Die Bereitstellung des Holzes für die Zellstoff- und Papierindustrie erfolgt entsprechend der TGL 15799. In dieser ist, nach Sortengruppen AI, AII usw. klar fixiert, welche Gütemerkmale jeweils einzuhalten sind. Dazu gehören die Zopfstärke, der Entrindungszustand, die Astigkeit, die höchstzulässige Krümmung sowie Bestimmungen über die Zulässigkeit von Fäulnis, Insektenbefall und Splittern. Auf eine nähere Erläuterung der TGL soll hier verzichtet werden, da alle weiteren Einzelheiten aus dieser zu entnehmen sind.

3.1.1. Nadelhölzer

3.1.1.1. Fichtenholz

Die *Fichte* (Picea excelsa Link), die am häufigsten zur Fasergewinnung in der Papier-, Karton- und Pappenindustrie herangezogen wird, ist fast in ganz Europa verbreitet und bildet auch den Hauptbestandteil in unseren Gebirgswäldern. Die Faserabmessungen werden von *Hägglund* wie folgt angegeben: Länge 2,6···3,8 mm, Breite 0,025 bis 0,069 mm. Das Fichtenholz wird zur Erzeugung von Weiß- und auch in geringem Maße zu Braunschliff und zur Gewinnung von Sulfit- und Sulfatzellstoff verwendet. Neben den günstigen Faserabmessungen ergeben sich vor allen Dingen Vorteile bei der Verarbeitung des Holzes infolge seines geringen Harzgehaltes. Darüber hinaus ist auch die helle Farbe des Holzes für die Herstellung von Papier, Karton und Pappe vorteilhaft.

3.1.1.2. Kiefernholz

Die *Kiefer* (Pinus silvestris L.), die vor allem in den letzten Jahrzehnten stärkere Verwendung als Faserlieferant gefunden hat, hat ihren Standort in Mittel- und Nord-

europa. Infolge ihrer Anspruchslosigkeit gedeiht sie auf den kargsten Sandböden. Auch die Kiefer hat eine für die Erzeugung von Fasergefügen außerordentlich günstige Faserabmessung. *Hägglund* gibt die Faserlänge mit 2,6···4,4 mm und die Faserbreite mit 0,030···0,075 mm an. Im Vergleich zur Fichte ist also die Faser länger und breiter. Zweifellos sind der Harzgehalt und die dunklere Farbe, die vor allen Dingen vom Kern herrührt, der Grund gewesen, daß man die Fichte vorgezogen hat. Das Kiefernholz findet hauptsächlich zur Herstellung von Braunschliff und Sulfatzellstoff Verwendung. Bei diesen Aufschlußtechnologien wirkt der hohe Harzgehalt nicht störend. Aber auch zur Erzeugung von Weißschliff kann das Kiefernholz eingesetzt werden, wobei Anteile von 15 % und darüber verwendet werden. Allerdings dürfen evtl. Harzschwierigkeiten nicht unbeachtet bleiben, weil damit Schaumschwierigkeiten verbunden sind.

3.1.2. Holzabfälle

Außer dem bisher behandelten Rundholz, wie es von der Forstwirtschaft geliefert wird, kommen in der Deutschen Demokratischen Republik in immer stärkerem Maße die in den Sägewerken bei der Holzbearbeitung anfallenden Schwarten und Spreißel der Fichte und Kiefer, die bisher als Brennmaterial verwendet wurden, zur Erzeugung von Zellstoff zum Einsatz. Die Verwendung dieser Holzabfälle bringt zwei Vorteile mit sich. Einmal kann eine Verminderung des Einschlages erfolgen, zum anderen erhält die Zellstoffindustrie das hochwertige, harzarme Splintholz. Darüber hinaus gehören zu den Holzabfällen auch noch das Astreisig und andere Waldabfälle. Alle diese Abfälle eignen sich in hervorragender Weise zur Herstellung von Halbzellstoffen und Chemischem Holzschliff auf Hackschnitzelbasis. Der Anteil der Schwarten und Spreißel beträgt vom Faserholzbedarf für die Herstellung von Papierzellstoff in der Deutschen Demokratischen Republik z. Z. etwa 18 %. Die Güterichtlinien für Schwarten und Spreißel sind in der TGL 9306 festgelegt. Darin wird das Material wie folgt definiert: Schwarten und Spreißel sind Holzabschnitte aus den Randzonen des Stammholzes, die beim Einschnitt anfallen. Die Unterteilung wird folgendermaßen vorgenommen:

Sorte A: Fichte weiß- oder lohgeschält, ohne Rinde, ohne Bast,

Sorte B: Kiefer, höchstens 5 % Fichte, geschippt, ohne Rinde.

Für beide Sorten gilt außerdem, daß die Schwarten in der Mitte mindestens 10 mm Dicke haben müssen. Bei Spreißeln wird ein Querschnitt von mindestens 10 mm mal 10 mm verlangt. Die Länge ist mit 600···1000 mm festgelegt. Das Holz muß gesund, ohne destruktive Fäule sein. Rotstreifigkeit und angeblautes Holz sind zulässig. Es muß aber frei von eingewachsener Rinde und Krebsgeschwülsten sein. Harzansammlungen durch Wildverbiß sind unzulässig. Das Holz ist in Bündeln zu liefern. Die Bündel sind mit Papierbindfaden zu binden.

3.2. Laubhölzer

Die geringe Fasergröße gegenüber den Nadelholzfasern hat in der Vergangenheit zweifellos dazu geführt, daß die Laubhölzer nur in beschränktem Umfang für die Papierfasergewinnung eingesetzt wurden. Die infolge steigenden Bedarfs eintretende

Verknappung der Nadelhölzer hat dazu geführt, daß Technologien entwickelt wurden, die die Gewinnung einer qualitativ hochwertigen Faser aus den Laubhölzern ermöglichten. Damit hat die Verwertung dieser Holzsorten in den letzten Jahren einen bedeutend größeren Umfang angenommen. Während man Laubhölzer ursprünglich nur zur Gewinnung von Zellstoffen eingesetzt hat und in geringem Umfang Holzschliff daraus herstellte, finden sie jetzt auch sehr viel Verwendung zur Erzeugung von Chemischem Holzschliff und Halbzellstoff. Ein großer wirtschaftlicher Vorteil der Laubhölzer ist es, daß sie bedeutend raschwüchsiger sind als Nadelhölzer.

3.2.1. Pappel

Bei der *Pappel* gibt es allein in Europa 120 verschiedene Sorten. Von diesen Sorten ist vor allen Dingen die Balsampappel (Populus balsamifera L.), die auch als kanadische Pappel (Populus canadensis) bekannt ist, besonders gut für die Gewinnung von Faserstoffen geeignet. Ihre Hauptwachstumsgebiete sind Deutschland, die Sowjetunion, Italien, Kanada und andere Länder. Die Faserlänge der Pappel wird mit 0,74···1,7 mm und die Faserbreite mit 0,020···0,046 mm angegeben. Das Holz wird zur Herstellung von Sulfit- und Sulfatzellstoffen, Chemischem Holzschliff und Halbzellstoff verwendet.

3.2.2. Birke

Als weitere Laubholzart zur Faserstoffgewinnung wird in den letzten Jahren in steigendem Maß die *Birke* (Betula verrucosa Ehrh.) eingesetzt. Ihre Wachstumsgebiete liegen in Deutschland, Finnland und in der Sowjetunion, in der sie besonders im Norden in geschlossenen Waldgebieten zu finden ist. Die Faserlänge wird mit 0,1···1,0 mm und die Faserbreite mit 0,013···0,070 mm angegeben. Das Birkenholz wird sowohl für die Herstellung von Sulfatzellstoff, insbesondere hochgebleicht als auch ganz besonders für die Erzeugung von Chemischem Holzschliff und Halbzellstoff eingesetzt und liefert eine qualitativ gute Faser.

3.2.3. Buche

Nicht unerwähnt darf in diesem Zusammenhang die *Buche* (Fagus silvatica L.) bleiben. Sie wird wegen ihrer sehr geringen Fasergröße fast nur zur Herstellung von Zellstoffen, und zwar in der Hauptsache Textilzellstoffen, verwendet. Ihre Verwendung zur Gewinnung von Papierfasern ist nicht unbedeutend, wobei nicht unerwähnt bleiben darf, daß Buchenzellstoff bei bestimmten Papiersorten deshalb sehr gern eingesetzt wird, weil diese Zellstoffqualität dem Papier besondere Eigenschaften verleiht. Die Hauptvorkommensgebiete der Buche liegen in Deutschland, in den Volksrepubliken Polen, Ungarn, Rumänien, Bulgarien und der Tschechoslowakischen Sozialistischen Republik. Auch die Sozialistische Föderative Republik Jugoslawien und Dänemark haben nicht unbedeutende Bestände.
Die Faserabmessungen sind denen der Pappel ähnlich. Sie werden von *Hägglund* mit einer Faserlänge von 0,7···1,7 mm und einer Faserbreite von 0,015···0,029 mm angegeben. Das Buchenholz wird hauptsächlich zur Herstellung von Sulfit- und Sulfat-

zellstoffen und in zunehmendem Maße zur Erzeugung von Halbzellstoffen und Chemischem Holzschliff eingesetzt [6].

3.3. Einjahrpflanzen

Die Verwendung einjähriger Pflanzen zur Gewinnung von Faserstoffen für die Papier-, Karton- und Pappenerzeugung ist nicht neu. Auf der Suche nach neuen Faserstofflieferanten für die immer mehr steigende Produktion wurden auch diese Rohstoffe geprüft. Dabei zeigte sich, daß auch die Einjahrpflanzen zu einem gewissen Teil für die Faserstoffgewinnung geeignet sind. Infolge ihrer kurzen Fasern können diese Rohstoffe im allgemeinen nicht allein und auch nicht in allen Fasergefügen eingesetzt werden. In Verbindung mit langfasrigen Stoffen ergeben sie aber gute Qualitäten.

3.3.1. Getreidestroh

Die am häufigsten als Rohstoff für die Fasergewinnung eingesetzte Einjahrpflanze ist das Getreidestroh. Von diesem eignet sich wiederum das Roggen- und Weizenstroh am besten. Gegenüber den Holzfasern sind die Fasern des Getreidestrohes ausgesprochen kurz. Die Faserlänge beträgt 0,5···2,0 mm und die Faserbreite 0,01 bis 0,02 mm. Das Stroh wird zur Herstellung von gebleichten und ungebleichten Sulfatzellstoffen und zur Erzeugung von Gelbstrohstoff, der eine Art Halbzellstoff darstellt, verwendet. Für das Getreidestroh sind Gütebedingungen in der TGL 116600.01 (Industriestroh) festgelegt. Entsprechend den darin getroffenen Festlegungen ist das Stroh in trockenem Zustand, in Ballen gepreßt, anzuliefern. Feucht gepreßtes Stroh neigt infolge entstehender Wärmeentwicklung schnell zur Fäulnis und wird damit unbrauchbar für die Herstellung von Faserstoffen. Wie bereits angedeutet, ist die Wertigkeit der einzelnen Stroharten für die Faserstoffgewinnung unterschiedlich. *F. Hoyer*, bezeichnet den Wert von Roggenstroh mit 100 und setzt, darauf bezogen, den Wert von Weizenstroh mit 80 und den von Gersten- und Haferstroh nur mit 70 an. Maßgebend für die Qualität des Strohes sind auch die Bodenverhältnisse und das Klima, in dem es gewachsen ist. Das Stroh des Wintergetreides ist ergiebiger als das des Sommergetreides.

3.3.2. Schilf

Die Bemühungen, Schilf zur Gewinnung von Faserstoffen heranzuziehen, sind nicht neu. Allerdings wurde erst in den letzten Jahren die Forschung auf diesem Gebiet intensiver betrieben, und es gelang auch, diesen schnell nachwachsenden Rohstoff zur Gewinnung von Fasern für die Herstellung von Papier, Karton und Pappe zu erschließen. Schilf ist eine Sammelbezeichnung für eine Gruppe verschiedener Pflanzenarten, deren Fasern auch einen verschieden hohen Wert für die Erzeugung von Faservliesen haben. Es handelt sich hierbei um Pflanzen, die direkt im Wasser oder an sumpfigen Stellen wachsen. Sie gehören zur Gruppe der Monokodyledonen. Besonders geeignet sind die Arten Typha, Phragmites und Arundo. In den letzten Jahren hat besonders das italienische Schilfrohr (Arundo donax) und Phragmites communis große Bedeutung erlangt. Letztere Art gedeiht in großen Mengen im Donaudelta in

der Rumänischen Volksrepublik und in den Deltas der Wolga und des Dnjepr. Große Vorkommen von Arundo donax befinden sich vor allem in der Po-Ebene (Italien). Durch systematische Kultivierung des bisher wildwachsenden Schilfes können bedeutende Erträge erzielt werden. Arundo donax und Phragmites eignen sich zur Herstellung von ungebleichten, aber auch gebleichten Zellstoffen, sogar von hochwertigen Textilzellstoffen. Auch zur Erzeugung von Halbzellstoff im kontinuierlichen Verfahren für Karton und Pappenhalbstoff ist das Material gut geeignet.

3.4. Alttextilien

Ursprünglich waren Alttextilien, auch Lumpen oder Hadern genannt, der einzige Faserrohstoff des Papiermachers. Das Material fällt sowohl in der Industrie als auch in den Haushalten als Abfall an und setzt sich aus Fasern pflanzlichen und tierischen Ursprungs zusammen. Darüber hinaus enthalten die Alttextilien in immer stärkerem Maße Regenerat- und synthetische Fasern, wie Viskoseseide, Dederon, Grisuten und andere. Diese Bestandteile in den Alttextilien wirken sich nachteilig auf die Verarbeitung in der Pappenindustrie aus und können, weil sie in Mischungen mit anderen Fasern vorliegen, nicht aussortiert werden. Die Pappenindustrie verwendet Lumpen vorrangig zur Herstellung von Rohdach- und Wollfilzpappe. Hierbei werden die Alttextilien in dem Zustand verarbeitet, wie sie anfallen. Sie werden nur einer mechanischen Bearbeitung durch Mahlung unterworfen und nicht chemisch vorbehandelt. Das in der Industrie und in den Haushalten anfallende Material wird durch den Altstoffhandel erfaßt und zunächst sortiert. Dabei werden die Alttextilien ihrem Verwendungszweck entsprechend getrennt und in die Reißereien, die Feinpapierfabriken und die Rohdachpappenfabriken geliefert. Die Güterichtlinien sind in der TGL 3037 festgelegt. Die Definition für diesen Rohstoff lautet wie folgt: Alttextilien (Lumpen, Hadern) sind textile Fabrikationsabfälle und gebrauchte Textilerzeugnisse oder Teile davon. Der Feuchtigkeitsgehalt darf höchstens 12 % betragen und der Anteil artfremder Bestandteile je Lieferung höchstens 3 %. Als artfremde Bestandteile gelten Metalle, Leder, Gummi, Kunststoffe, wie Igelit, Vinidur usw., Linoleum und Treibriemen.

3.5. Altpapier

Die Bestrebungen, Altpapier als Rohstoff wieder zu verwenden, sind schon sehr alt. Die ersten Erwägungen in dieser Richtung wurden bereits 1695 angestellt. Unter Altpapier versteht man alle diejenigen Papierabfälle, die nach Gebrauch zu den mannigfaltigsten Zwecken wieder gesammelt und der Wiederverarbeitung zugeführt werden. Als Anfallstellen gelten vor allen Dingen die papier-, karton- und pappeverarbeitenden Betriebe, der Handel, die Haushalte und die Archive der Betriebe und Verwaltungen. Der Hauptanteil des anfallenden Altpapiers besteht aus gelesenen Zeitungen, Zeitschriften, Illustrierten, Verpackungsmaterial aller Art, soweit es aus Karton und Pappe gefertigt ist. Selbstverständlich ist nicht die gesamte Menge des in einem Lande erzeugten Papiers für die Wiederverarbeitung zu erfassen, da ein Teil in den Archiven und in den Bibliotheken in Form von Büchern verbleibt. Diese Menge ist aber im Verhältnis zur Produktion gering und fällt nicht wesentlich ins Gewicht. Neben dem erfaßten Anteil gehen immer noch erhebliche Mengen verloren, indem sie

Tabelle 4. Altpapieraufkommen und -verbrauch in kt einschließlich des Anteiles am Verbrauch bzw. der Erzeugung von Papier, Karton und Pappe in einigen Ländern [7]

Land	Altpapieraufkommen in kt		in % vom Papier- und Pappenverbrauch		Altpapierverbrauch in kt		in % der Erzeugung	
	1961	1962	1961	1962	1961	1962	1961	1962
DDR	276	282	33,0	32,3	275	282	33,0	32,6
Bundesrepublik	1226	1252	26,7	26,0	1358	1410	38,5	39,1
Belgien-Luxemburg	152	164	24,6	25,7	118	124	25,7	28,6
Niederlande	360	361	34,4	34,1	258	249	24,4	24,1
Frankreich	754	810	26,7	27,0	821	871	29,9	30,8
Italien	344	419	18,9	21,2	401	495	25,1	28,1
Dänemark	97	93	22,6	20,4	73	70	38,8	37,2
Großbritannien	1520	1459	28,4	27,4	1402	1352	34,8	34,2
Norwegen	51	52	15,6	16,0	48	48	5,8	5,9
Österreich	75	79	22,2	27,2	99	100	16,2	16,8
Portugal	30	30	25,5	23,5	31	30	27,2	25,0
Schweden	260	220	27,7	22,7	206	169	8,9	7,0
Schweiz	170	190	30,3	32,2	155	163	30,4	30,2

vernichtet werden. Es bedarf einer ausgezeichneten Organisation bei den Erfassungsorganen, um vor allem die in den Haushalten anfallenden Mengen zurückzuführen. Jede Tonne Altpapier, die der Wiederverarbeitung zugeführt wird, spart Holz und trägt damit zur Schonung des Waldes bei. Darüber hinaus verbilligt ein höherer Altpapieranteil in guten Qualitäten das Erzeugnis erheblich. Bedenkt man, daß 100 t Altpapier einer Faserholzmenge von 300···400 sfm entsprechen, so könnte durch den Mehreinsatz von 100000 t Altpapier im Jahre eine Holzmenge von 300000···400000 sfm eingespart werden. Man kann selbstverständlich das Altpapier nicht für alle Sorten der Neuproduktion einsetzen. Zu diesem Zweck bedarf es einer Sortentrennung, die in der TGL 2751 festgelegt ist. Danach wird das Altpapier in 20 Sorten eingeteilt. Für jede Sorte gibt es wiederum eine genaue Festlegung, ob bzw. wieviel Prozent artfremder Bestandteile oder Anteile anderer Sorten enthalten sein dürfen. Der Feuchtigkeitsgehalt darf höchstens 12 % betragen.
Den Hauptanteil des Altpapieraufkommens nimmt die Karton- und Pappenindustrie auf. So beträgt z. B. der Anteil in der Deutschen Demokratischen Republik 60···61 % vom Gesamtfaseranteil bei Karton und Pappe. Obwohl man sich seit langer Zeit mit der Regenerierung von Altpapier beschäftigt hat, scheiterten bisher alle Verfahren an dem hohen Kostenaufwand, den diese Verfahren erforderten. Erst in der jüngsten Zeit wurden Verfahren entwickelt, die eine Regenerierung unter wirtschaftlichen Bedingungen gestatten. Dadurch gewinnen die als Altpapier anfallenden Druckpapiere eine erhöhte Bedeutung. In der nachstehenden Tabelle 4 ist der Altpapieranteil am Gesamtfaserstoffeinsatz dargestellt [7].

3.6. Asbest

Der Name Asbest ist dem griechischen „Asbestos" entlehnt und heißt unverbrennlich. Asbest ist ein faseriges, glänzendes Mineral. Für die Verwendung in der Pappenindustrie kommt es darauf an, daß der Langfaseranteil sehr hoch ist und sich die Bündel leicht zerfasern lassen, damit eine gleichmäßige Verteilung der sich untereinander nicht verfilzenden Fasern möglich ist. Asbest wird zur Herstellung von Spezialpappen für Isolationszwecke, meistens gemischt mit pflanzlichen Fasern, verarbeitet.

4. Hilfsstoffe

Als Hilfsstoffe bei der Papier-, Karton- und Pappenerzeugung bezeichnet man diejenigen Materialien, die zwar keinen Fasercharakter aufweisen, die aber für die Qualität des Fertigerzeugnisses von großer Bedeutung sind. Zu den Hilfsstoffen gehören die Füllstoffe verschiedenster Art, die Leim- und die Farbstoffe. Durch den Zusatz dieser Stoffe werden dem Karton und der Pappe bestimmte Eigenschaften verliehen, die dem Verarbeiter die Voraussetzungen zur Erfüllung der Qualitätsforderungen seiner Abnehmer schaffen. Darüber hinaus werden durch den Einsatz einiger Hilfsstoffe Faserrohstoffe eingespart und dadurch gleichzeitig eine Verbilligung des Endproduktes erreicht. Der Einsatz der Hilfsstoffe wirkt insofern qualitätsverbessernd, als zum Beispiel durch die Kaoline eine Verbesserung der Oberfläche und der Glätte erzielt wird, indem diese geschlossener und gleichmäßiger wird und damit den Erfordernissen des Verarbeiters, besonders des Druckers, weitgehend entgegenkommt. Die Farbstoffe wiederum haben einen sehr wesentlichen Einfluß auf das Aussehen bzw. geben dem Material bereits eine gewünschte Grundfarbe. Durch die Leimstoffe wird dem Erzeugnis die Eigenschaft verliehen, Feuchtigkeit nur in geringem Maße aufzunehmen bzw. vollkommen wasserabweisend zu sein. Diese Eigenschaften werden in der unterschiedlichsten Form gefordert und hängen letztlich von dem jeweiligen Verarbeitungszweck ab.

4.1. Füllstoffe

Gegenüber den bei der Papiererzeugung oft angewendeten hohen Anteilen von Füllstoffen, die in einem sehr breiten Sortiment vorzufinden sind, erfolgt ihr Einsatz bei Karton und Pappe fast ausschließlich bei der Herstellung von Chromoersatz-, Maschinen- und Faltschachtelkarton. Geringe Anteile werden auch bei einigen Spezialpappen eingesetzt, wenn es darum geht, diesen einen bestimmten Charakter zu verleihen. Bei vielen Sorten muß eine Füllstoffzugabe ganz abgelehnt werden, weil die als Rohstoff verwendeten Altpapiere einen mehr oder weniger hohen Anteil an Füllstoffen bereits enthalten. Ein zu hoher Füllstoffanteil hat den Nachteil, daß der Karton oder die Pappe einen weichen oder sogar lappigen Charakter erhält. Diese Eigenschaft ist bei einem großen Teil von Pappensorten nicht erwünscht oder wird sogar strengstens untersagt. Die Füllstoffe sollen nicht oder nur in geringem Maße löslich, aber möglichst feinkörnig sein, damit sie sich in die Zwischenräume des Fasergefüges gut einlagern. Sie haben weiterhin die Aufgabe zu erfüllen, bei Karton das Durchscheinen der aus geringeren Altpapieren gearbeiteten Einlage zu verhindern. Darüber hinaus verlangt man, daß sie ein anderes Lichtbrechungsvermögen als die Faserstoffe aufweisen. Sie sollen aber auch über einen hohen Weißgrad verfügen, damit durch sie die Weiße der Oberfläche nicht negativ beeinflußt bzw. die Weiße noch verbessert wird.

4.1.1. Kaolin

Für die Kartonerzeugung kommen im wesentlichen Kaoline zum Einsatz. Kaolin [8] ist ein Aluminiumsilikat (kieselsaure Tonerde) $H_2Al_2(SiO_2)_2 + H_2O$. Die Dichte beträgt 2,2···2,8 g/cm³, der Weißgehalt nach *Ostwald* 90···75 %. Kaolin setzt sich aus vorwiegend feinen Teilchen zusammen, die keine bestimmte Form haben. Kaolin ist wasserunlöslich. Die Ausbeute im Karton beträgt im Durchschnitt 60···70 %, maximal bis zu 85 % bei hochwertigem Kaolin (China clay). Das Rohkaolin kann in dem Zustand, in dem es abgebaut wird, nicht zur Karton- und Pappenherstellung verwendet werden. Es enthält noch Begleitstoffe, und zwar Mineralien, wie Quarz, Glimmer, Feldspat, die infolge ihrer Härte sich schädigend auf die Druckplatten auswirken, weil sie diese zerkratzen. Weiterhin wirkt ein zu hoher Anteil an Eisenmineralien nachteilig auf die Weiße und begünstigt die Vergilbung des Kartons. Aus diesen Gründen muß eine Reinigung des Kaolins von diesen Begleitstoffen erfolgen. Diese Reinigung wird nach verschiedenen Verfahren durchgeführt, die nachstehend genannt werden sollen:
das Schlämmverfahren, die Herdaufbereitung, das Flotationsverfahren, die Windsichtung und das Zentrifugieren. Das am meisten verbreitete Verfahren ist das Schlämmverfahren, das kurz erläutert werden soll. Bild 1 zeigt das Schema einer Kaolinaufbereitung nach dem Gerinne-Schlämm-Verfahren. Das im Tagebau gewonnene Rohkaolin wird zunächst in einer Walzenmühle gebrochen und anschließend einem Schlämmapparat zugeleitet. Hier erfolgt unter Zusatz von Wasser die Abscheidung des Grobsandes. In dem nachgeschalteten Spitzkasten, in den die Trübe nunmehr geleitet wird, erfolgt durch Sedimentation die Abscheidung des Feinsandes. Die Trübe wird oben abgezogen und anschließend über Rinnen, die ähnlich den Sandfängen gebaut sind, geleitet, in denen der Schluff-Sand ausgeschieden wird. In den nachgeschalteten Klärbecken erfolgt in dem ersten die Abscheidung noch vorhandener Unreinheiten. In den daran anschließenden Becken erfolgt nunmehr das Absetzen, zu dessen Beschleunigung Kalkmilch zugesetzt wird. Die weitere Entwässerung des abgesetzten Kaolinbreies wird entweder auf Filterpressen oder Saugzellenfiltern durchgeführt. Hierdurch erreicht man einen Trockengehalt von etwa 70 %. Der weitere

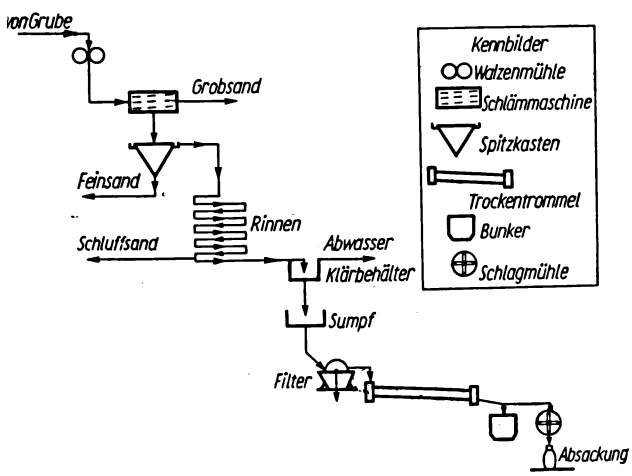


Bild 1. Kaolinaufbereitung nach dem Gerinne-Schlämm-Verfahren

Wasserentzug wird dann entweder in Trockenschuppen, die sehr viel Platz erfordern, oder in Trommeltrocknern durchgeführt. Im Anschluß daran erfolgt ein grobes Nachbrechen oder auch Mahlen des Kaolins. Eine maßgebende Rolle spielt bei dem Kaolin der Weißgehalt, der sehr unterschiedlich ist und zwischen 60 und 90 % schwankt. Der Weißgehalt wiederum ist abhängig von der Lagerstätte und dem Grad der Aufbereitung. Manche Kaoline haben einen verhältnismäßig hohen Eisengehalt, der eine unerwünschte Gelbstichigkeit im Fertigerzeugnis hervorruft. Im allgemeinen soll der Eisengehalt so niedrig wie möglich liegen und auf keinen Fall 1 % überschreiten. Kaoline mit höherem Eisengehalt sind für die Kartonerzeugung ungeeignet, weil sie neben schlechter Weiße auch schnell vergilben. Eine sehr maßgebende Rolle spielt die Teilchengröße, von der die Weiße und die Deckfähigkeit abhängen. Je feiner die Teilchen eines Kaolins sind, um so größer ist die Deckfähigkeit. *Kotte* [9] gibt die Teilchengröße der Kaoline wie folgt an:

normale Sorten	15···20 % der Teilchen	> 5 μm,
	50···60 % der Teilchen	< 2 μm,
feine Sorten	6 % der Teilchen	> 5 μm,
	75···80 % der Teilchen	< 2 μm.

Der pH-Wert schwankt je nach Aufbereitungsverfahren zwischen 5 bei geschlämmten und 4,5 bis 6 bei im Luftstrom sortierten Kaolinen. Die Ausbeute, das ist die Menge, die tatsächlich im Enderzeugnis verbleibt, schwankt zwischen 60 und 70 %.

4.1.2. Talkum

Talkum ist kieselsaure Magnesia $H_2Mg_3(SiO_3)_4$, ein Füllstoff, der einen ausgesprochen fettigen Charakter hat und der zur Erzielung spezieller Oberflächeneigenschaften, wie gewisse Weichheit, Prägefähigkeit und Glanz sowie Geschlossenheit, eingesetzt wird. Die Verwendung dieses Füllstoffes erfolgt hauptsächlich bei hochwertigsten Kartonsorten, in der Pappenerzeugung fast ausschließlich bei den Matrizenpappen. Talkum gewinnt man durch Mahlen des Talksteines. Je nach Vorkommen schwankt der Weißgehalt zwischen 50···95 %. Die Teilchen sind schuppenförmig und haben Korngrößen von 3···40 μm. Die Hauptvorkommensgebiete liegen in der Volksrepublik Rumänien und in Österreich.

4.1.3. Asbestine

Asbestine ist ein Füllstoff, der dem Talkum sehr ähnlich ist. Er besteht in der Hauptsache aus feingemahlenem Asbest, der mit anderen Mineralien vermischt wird. Entgegen anderen Füllstoffen haben die Teilchen die Form von Stäbchen und Nadeln oder sind auch zum Teil faserförmig. Auch dieser Füllstoff findet speziell bei der Herstellung von Matrizenpappe Verwendung, damit die geforderten Qualitätsmerkmale erreicht werden können. Die Ausbeute im Karton beträgt im allgemeinen 70 bis 80 %. Asbestine erreicht die Weiße des hochwertigen Talkums.

4.2. Leimstoffe und Imprägnierungsmittel

4.2.1. Kolophonium

Das in der Papier-, Karton- und Pappenerzeugung am meisten angewendete Leimmittel ist das Kolophonium, auch Harz genannt.

Die Gewinnung des Harzes erfolgt entweder aus dem Kiefernholz als Balsamharz oder durch Extraktion, besonders von Kiefernstubben. Das Harz wird sowohl in der Deutschen Demokratischen Republik als auch in anderen Ländern gewonnen. Ausgehend von der Erkenntnis, daß die Nadelbäume bei der Verletzung der Rinde eine harzige Flüssigkeit zum Verschließen der Wunde ausscheiden, wurde ein Verfahren zur Harzgewinnung am lebenden Baum entwickelt. Bei diesem Verfahren beschädigt man bewußt die Rinde des Baumes, indem man sie an einer Stelle am unteren Ende des Stammes entfernt. An dieser Stelle werden V-förmige Schnitte angebracht, aus denen das austretende Harz in eine Sammelrinne fließt und in einem irdenen Gefäß gesammelt wird. Aus diesen Gefäßen wird es dann in Fässer gefüllt. Die Harzung erfolgt in den Monaten April bis Oktober. Das so gewonnene Kolophonium wird vor der Aufbereitung zu Harzleim durch Destillation von dem Terpentinölanteil befreit, der etwa 20···30 % beträgt. Die restlichen 70···80 % sind reines Kolophonium, das in fester Form vorliegt und je nach Art der Aufbereitung eine hellere oder dunklere Färbung hat. Zur Herstellung des eigentlichen Harzleimes, wie er in der Industrie zur Leimung verwendet wird, erfolgt die Verseifung des wasserunlöslichen Kolophoniums mit einer bestimmten Menge Soda oder Ätznatron. Dabei vollzieht sich folgende Umsetzung:

$$2\,C_{19}H_{29}COOH + Na_2CO_3 \rightarrow 2\,C_{19}H_{29}COONa + H_2O + CO_2 \text{ oder}$$

$$C_{19}H_{29}COOH + NaOH \rightarrow C_{19}H_{29}COONa + H_2O$$

Die zur Verseifung erforderliche Alkalimenge wird durch die Reinheit des Kolophoniums bestimmt. Theoretisch werden zur Verseifung von 100 kg Harz 13,2 kg Ätznatron oder 17,5 kg Soda benötigt. Je reiner ein Harz ist, um so näher liegt der tatsächliche Alkaliverbrauch dem theoretischen. Da aber jedes Harz mehr oder weniger Verunreinigungen und unverseifbare Bestandteile enthält, liegt der durchschnittliche Verbrauch niedriger als theoretisch notwendig (siehe Tabelle 5). Man unterscheidet bei der Leimherstellung Vollverseifung und Teilverseifung. Bei der Teilverseifung verbleibt ein Teil des Harzes als sogenanntes Freiharz in der Leimlösung. Diesen Freiharzgehalt steuert man mit der Zugabe von Ätznatron oder Soda, die im Verhältnis zur theoretischen Verseifungszahl reduziert wird. In der nachstehenden Tabelle

Tabelle 5. Alkalibedarf zur Verseifung von Harz

Bei Verseifung von 100 kg Harz mit kg Soda	sind gebunden kg Harz	sind frei kg Harz
6	41	59
7	47	53
8	54	46
9	61	39
10	68	32
11	74	26
12	81	19
13	88	12
14	95	5
14,8	100	0

wird der Grad der Verseifung bei Anwendung einer bestimmten Alkalimenge ausgewiesen [10].
Die Herstellung von Harzleimen mit einem sehr hohen Freiharzgehalt muß unter Zugabe von Schutzkolloiden bzw. Emulsionsbildern erfolgen. Auch der verseifte Harzanteil wirkt als Schutzkolloid. Je höher die Zugabe anderer Kolloide ist, um so geringer muß der Anteil verseiften Harzes sein. Die Schutzkolloide sind zur Verhinderung der Ausflockung vor der Fällung erforderlich. Zu diesen Schutzkolloiden gehören Tierleim, Kasein und andere. Die Höhe des Freiharzgehaltes ist aber auch abhängig von der Struktur des Harzes. So neigen zum Beispiel unsere deutschen Harze sehr stark zur Kristallisation, die wiederum den Anteil des Freiharzes bestimmt. Geht man mit dem Freiharzanteil zu hoch, so kristallisiert der Leim oft schon nach wenigen Stunden aus. Im allgemeinen rechnet man bei deutschen Harzen mit einem Anteil von 25 % Freiharz. Durch das Bewoid-Verfahren gelingt es aber, bei Verwendung der gleichen Harze den Freiharzgehalt des Harzleimes bis auf 95 % zu steigern. Der durch die Verseifung gewonnene Harzleim wird anschließend durch Aufkochen mit Wasser in eine Harzleimmilch überführt. Bei Freiharzleimen muß diese Überführung so erfolgen, daß mittels einer Dampfdüse die im Leim enthaltenen Freiharzteilchen in feinste Teilchen zerstäubt und so feinverteilt in der Harzleimmilch schwebend erhalten werden können. Es handelt sich dann also nicht um eine echte Leimmilch, sondern vielmehr um eine Emulsion. Die Konzentration der Leimmilch oder Emulsion beträgt üblicherweise 25 %. So wird sie auch an die Verbraucher geliefert. Die Herstellung freiharzreicher Leime erfolgt deshalb, weil sich in der Praxis herausgestellt hat, daß diese besser leimen als vollverseifte. Diese Erkenntnis wird mit der Freiharztheorie von *Wurster* begründet. Dieser kam bereits 1877 zu der Erkenntnis, daß zur Erzielung einer richtigen Leimung mehr Aluminiumsulfat benötigt wird, als der stöchiometrischen Berechnung entspricht, und sah die Ursache darin, daß nur bei diesem eine volle Umsetzung mit dem Harzleim stattfindet und dabei freies Harz zurückgebildet wird. Diese Theorie, die durch viele andere Untersuchungen erhärtet ist, spricht dem Freiharz die leimende Wirkung zu. Ein weiterer Vorteil des Freiharzes ist seine niedrige Sinterungstemperatur, die bei etwa 70···80 °C liegt. Demgegenüber hat reines Aluminiumresinat Sinterungstemperaturen von 130 bis 140 °C. Bei Gemischen von Aluminiumresinat und Freiharz sind diese Temperaturen von dem Mischungsverhältnis der beiden Komponenten abhängig. In den letzten Jahren ist man bereits dazu übergegangen, Harzleime nicht mehr in Form von Emulsionen, sondern in Pulverform herzustellen. Nach den bekannt gewordenen Literaturangaben hat sich dieser Leim insofern gut bewährt, als mit geringeren Leimmengen eine gute Volleimung erreicht werden soll. Diese Leime sind holländerfertig und können ohne vorherige Auflösung in den Stoff eingetragen werden.

4.2.2. Montanwachs

Neben dem bereits erwähnten Harz wird auch Montanwachs als Leimstoff verwendet. Montanwachs ist ein pflanzliches Wachs, das den Wäldern der Tertiärzeit entstammt. Während das Holz dieser Wälder bereits durch Inkohlung in Braunkohle umgewandelt wurde, haben sich die in ihnen enthaltenen Wachse unverändert erhalten. Die Gewinnung dieser Montanwachse erfolgt durch Extraktion der Braunkohle unter Verwendung von organischen Lösungsmitteln. Durch diese Extraktion erhält man

nach Entfernung der Lösungsmittel ein dunkles Produkt, das als Rohmontanwachs bezeichnet wird. Dieses Rohprodukt besteht aus einem Gemisch von freien Fettsäuren, deren Hauptanteil Montansäure ist, und deren Ester. Darüber hinaus erhält Rohmontanwachs etwa 20···25 % Montanharz und Unreinheiten, die sich vor allem aus Huminsäuren zusammensetzen. Durch Wasserdampfdestillation des Rohmontanwachses wird als Endprodukt Montanwachs gewonnen, das als ein helles Erzeugnis vorliegt. Dieses Montanwachs läßt sich schwerer verseifen als das Rohmontanwachs. Die Schmelztemperatur liegt bei 75···80 °C. Während mit Harzleim bei einem Einsatz von 1···3 % eine hohe Leimwirkung erzielt werden kann, machen sich bei Verwendung von Montanwachsleimen höhere Einsätze notwendig, um den gleichen Effekt zu erzielen. Nach Feststellungen von *Brecht* und *Hilz* ergeben sich bei einem Einsatz von 1···3 % nur 40···60 % der Leimwirkung von Harzleim. Bei einem Einsatz von 4 % ist die Leimwirkung gleich der des Harzleimes. Dagegen wird bei Verwendung von 5 % bereits eine bedeutend höhere Leimfestigkeit erzielt, die bei etwa 145 % liegt. Bei Zugabe von 6 % erreichte man sogar völlige Wasserdichtigkeit. Die hellen Montanwachsleime sind ergiebiger als die dunklen. Vorteilhaft wirkt eine Mischung von Montan- und Harzleim. Während man die hellen Sorten bei der Herstellung von Papier und Karton verwendet, setzt man die dunklen Sorten ausschließlich für die Leimung von Pappen ein, um sie einerseits geschmeidig und andererseits wasserfest zu machen.

4.2.3. Wasserglas

In der Karton- und Pappenindustrie wird Wasserglas als Klebemittel und als Streckungsmittel für Harzleim verwendet. Ein weiterer Einsatz erfolgt zur Pufferung bei der Peroxidbleiche[1] von Holzschliff bzw. der Regenerierung von Altpapier. Wasserglas entsteht durch Zusammenschmelzen von reinem Sand ($Si\ O_2$) mit Soda ($Na_2\ CO_3$) oder Pottasche (K_2CO_3). Die so entstandene Schmelze wird in Wasser gelöst und bildet eine sirupartige Flüssigkeit, die in Fässern versendet wird. Die Anwendung zur Stoffleimung erfolgt in Sonderfällen und dann nur zur Wasserfestmachung von Pappen, die keiner hohen Biegebeanspruchung ausgesetzt werden, weil das Silikat die Brüchigkeit begünstigt. Beim Einsatz von Wasserglas sollte man ebenfalls zuerst dieses und dann Aluminiumsulfat zur Fällung desselben zugeben. Erst im Anschluß daran erfolgt die Zugabe von Harz- oder Montanwachsleim und deren Fällung mit einem weiteren Anteil Aluminiumsulfat.

4.2.4. Melaminharz

Zur Erhöhung der Naß- und Trockenfestigkeit werden heute vielfach Melaminharze eingesetzt, zweifellos, weil damit neben der Naßfestigkeit auch eine wasserabweisende oder die Feuchtigkeitsaufnahme hemmende Wirkung erzielt wird. Das ist bei solchen Erzeugnissen erforderlich, die z. B. für die Verpackung feuchter Güter eingesetzt

[1] In diesem Buch wird gemäß den Empfehlungen der „Anorganischen Nomenklatur-Kommission der Internationalen Union für Reine und Angewandte Chemie (I. U. P. A. C.)", veröffentlich in „Richtsätze für die Nomenklatur der Anorganischen Chemie", Weinheim/Bergst.: Chemie-Verlag, das Wort „Oxid" generell mit der Endung „id", auch in Wortverbindungen geschrieben.

werden, oder dort, wo ein Feuchtwerden des Gutes vermieden werden soll. Melaminharz gewinnt man, indem man Dizyandiamid mit Ammoniak und Wasserdampf in Verbindung bringt. Ein anderes Verfahren beruht darauf, daß man Harnstoff unter Zusatz von Ammoniak einer Temperatur von 350 °C unter Anwendung von Druck aussetzt. Die Melaminharze setzt man zum Ganzstoff gewöhnlich direkt zu. Es ist aber ebenfalls möglich, eine Oberflächenimprägnierung durch Streichen, Tauchen oder Aufsprühen durchzuführen.

4.2.5. Schwefelsaure Tonerde

Bei der Karton- und Pappenerzeugung findet schwefelsaure Tonerde [$Al_2(SO_4)_3$] vielfach Verwendung als Fällungsmittel bei der Leimung, zur Neutralisation basischer Bestandteile, zur Herbeiführung schwach saurer Reaktionen sowie zur Bindung der Farb- und Füllstoffe an die Faser. Sie dient weiterhin als Flockungsmittel bei der Reinigung von Frisch- und Abwasser. Ausgangsmaterial zur Herstellung schwefelsaurer Tonerde ist heute Bauxit, um ein möglichst eisenfreies Erzeugnis zu erhalten. Zum Aufschluß des Bauxites bedient man sich verschiedener Verfahren. Das dabei gewonnene Aluminiumoxid (Al_2O_3) wird in Schwefelsäure (H_2SO_4) aufgelöst. Durch diesen Prozeß entsteht das Aluminiumsulfat. Die Gewinnung eines möglichst eisenfreien Produktes ist deshalb notwendig, um Vergilbungen oder Trübungen der Farbtöne zu vermeiden. Eine sehr wichtige Aufgabe erfüllt die schwefelsaure Tonerde bei der Stoffleimung. Bei der Einwirkung auf einen schwächer oder stärker verseiften Harzleim geht folgende Umsetzung vor sich:

$6\,NaR$ (Natriumresinat) $+\ Al_2(SO_4)_3 \rightarrow 3\,Na_2SO_4 + 2\,AlR_3$ (Aluminiumresinat). An dieser Umsetzung nimmt allerdings das in der Leimemulsion enthaltene Freiharz nicht teil. Da durch den Fällungsprozeß das Natriumresinat in Aluminiumresinat umgesetzt wird, verliert der Freiharzanteil sein Schutzkolloid bzw. seinen Emulgator und flockt damit gezwungenermaßen aus.

Einen Einfluß auf die Fällung haben auch die im Fabrikationswasser enthaltenen Härtebildner, wie Magnesium und Kalzium. Diese nehmen ebenfalls an der Fällung teil und bilden Magnesium- oder Kalziumresinat.

Dabei ist aber zu beachten, daß die Magnesium- und Kalziumresinate negative Auswirkungen auf die Leimung haben und die Leimfestigkeit verschlechtern sowie auch den Leimverbrauch erhöhen. Die gute Wirkung des Aluminiumsulfats bei der Stoffleimung beruht darauf, daß nur das Aluminiumresinat unter Wassereinwirkung gequollen und dadurch sehr voluminös wird. Man bezeichnet das als Hydratisierungsvorgang, durch den das Aluminiumresinat durch den Faserfilz am besten zurückgehalten wird.

4.2.6. Natriumaluminat

Ein Fällungsmittel, das in zunehmendem Maße bei der Papierherstellung verwendet wird, ist das Natriumaluminat, das im Gegensatz zu Aluminiumsulfat alkalisch reagiert. Seine Herstellung erfolgt durch Erhitzen von Bauxit mit Natronlauge bei Temperaturen von etwa 160···170 °C. Natriumaluminat ist wasserlöslich und entspricht in seiner Zusammensetzung der Formel

$$Al_2O_3 \cdot Na_2O \cdot H_2O$$

Die Verwendung von Natriumaluminat hat den Vorteil, daß die Retention erhöht, die Leimung verbessert und nicht zuletzt eine wesentliche Minderung der Korrosion erzielt wird. Darüber hinaus beeinflußt das Alkali die Quellung der Faser positiv, was sich wiederum auf die Mahldauer und nicht unwesentlich auf die Festigkeitseigenschaften des Produktes auswirkt.
Siehe hierzu auch *Schumann* [11], der Festigkeitssteigerungen von 8 und 10 % bei Reißlänge und Berstdruck durch Einsatz von Natriumaluminat ermittelte. Das hat seine Ursache darin, daß die Konzentration der Al-Ionen trotz des hohen pH-Wertes steigt. Während bei ausschließlicher Verwendung von Aluminiumsulfat als Fällungsmittel, entsprechend den jeweiligen Verhältnissen, mit pH-Werten zwischen 3,8 bis 4,5 gearbeitet wird, ergibt sich bei teilweisem Ersatz des Aluminiumsulfats durch Natriumaluminat ein pH-Wert von 6,0···6,8. Zu beachten ist bei der Verwendung von Natriumaluminat, daß dasselbe vor der Zugabe von Aluminiumsulfat dem Stoff zugegeben werden muß, wobei der bereits erwähnte Verfasser *Schumann* empfiehlt, folgende Reihenfolge streng zu beachten: Faserstoffe, Natriumaluminat, Füllstoffe, Leim und zuletzt Aluminiumsulfat.

4.3. Farbstoffe

Im allgemeinen werden Karton und Pappe nur selten gefärbt. Bei der Kartonerzeugung handelt es sich bis auf geringe Ausnahmen nur um ein Nuancieren nach einer bestimmten Richtung, d. h., daß z. B. ein Blau-, Gelb- oder Rotstich erreicht werden soll. Ein intensiveres Färben wendet man bei Hart- und Feinpappen an. Dabei handelt es sich in den meisten Fällen um sehr intensive Farbtöne. Ähnlich wie bei der Papierfärbung verwendet man sowohl anorganische als auch organische Farbstoffe, wobei die organischen Farbstoffe vorherrschen.

4.4. Optische Aufheller

Ein Mittel zur Erhöhung der Weiße, das wirtschaftlich allerdings nur bei hochwertigen Sorten zur Anwendung kommen kann, ist der sogenannte „optische Aufheller". Dieser besteht aus Fluoreszenzkörpern, die die Eigenschaft haben, ein kurzwelliges, dem menschlichen Auge unsichtbares Licht, in Licht mit größerer Wellenlänge von blau-violetter bis blau-grüner Farbe umzuwandeln. Durch das zusätzlich ausgestrahlte und damit dem Auge sichtbare Licht wird der Gelbstrich kompensiert. Das Verhalten optischer Aufheller ist gleich dem substantiver Farbstoffe, sie ziehen direkt auf die Faser auf. Optische Aufheller werden als verschiedenste Fabrikate des In- und Auslandes angeboten und ergeben je nach der Farbe der Lichtausstrahlung verschiedene Farbtöne. So findet man z. B. rotstichige Blautöne bei Blancophor R, weil es blauviolettes Licht ausstrahlt. Entsprechend der Lichtstrahlung ergeben andere Aufheller wiederum andere Tönungen. Um bestimmte Tönungen zu erzielen, kann man auch mehrere Aufheller mischen.

5. Lagerung der Roh- und Hilfsstoffe

In einer modernen Karton- oder Pappenerzeugungsanlage ist die Lösung des Problems der Lagerung und Förderung des Ausgangsmaterials von ausschlaggebender Bedeutung für den Arbeitskräfteaufwand, die Länge der Transportwege und damit für die Entwicklung der Selbstkosten des Erzeugnisses. Es ist also für einen guten Produktionsablauf erforderlich, daß die ankommenden Roh-, Halb- und Hilfsstoffe entweder bereits palettiert sind oder sofort beim Entladen auf entsprechende Paletten abgesetzt werden und auf möglichst kurzen Wegen in die Produktion gelangen. Weiterhin ist es wichtig, daß eine Auflösung möglichst unmittelbar nach Eingang in den Betrieb erfolgt und die Förderung der zur Produktion benötigten Halb- und Hilfsstoffe im Zustand von Suspensionen mit Hilfe von Pumpen und unter möglichst geringem Aufwand an Arbeitskraft erfolgt. Dabei ist jeweils die zweckmäßigste und wirtschaftlichste Anwendung von Mechanisierungsmitteln und auch die Möglichkeit einer Automatisierung zu prüfen.

5.1. Lagerung des Holzes

Die Lagerung des Holzes für die Herstellung der Halbstoffe erfolgt grundsätzlich aus zwei Gründen:

1. Bildung von Beständen, die garantieren, daß bei Eintreten eines unregelmäßigen Zulaufes die Produktion gesichert ist,
2. Erzielung eines gleichmäßigen Trockengehaltes bzw. eines möglichst geringen Wassergehaltes für die Herstellung von Zellstoff, Chemischem Holzschliff und Halbzellstoff.

Zur Herstellung eines qualitativ hochwertigen Holzschliffes ist es dagegen notwendig, das Holz während der Lagerung feucht zu halten. Man sollte zweckmäßig so verfahren, daß eingehendes Fichtenholz für die Holzschlifferzeugung zunächst auf Schleifermaß abgelängt und anschließend gestapelt wird. Während des Lagerns im Stapel soll es dann befeuchtet werden. Erst nach Entnahme aus dem Stapel erfolgt die Entrindung. Laubholz dagegen muß sofort nach dem Eingang gesägt und entrindet werden, da so ein leichtes Entfernen der Rinde möglich ist. Erst nach der Entrindung wird es auf dem Holzplatz gestapelt, aber nicht befeuchtet. Die Stapelung des Holzes geschieht auf zwei Arten. Man wendet entweder die geregelte Stapelung oder die ungeregelte, sogenannte Haufenstapelung an. Die geregelte Stapelung wird überall dort erfolgen, wo es sich um Lagerplätze kleineren oder mittleren Umfanges handelt, bzw. dort, wo Holzabfälle, wie Schwarten und Spreißel, gestapelt werden. Die Stapel sind so anzulegen, daß die Luft allseitig einen guten Zutritt hat. Aus diesem Grunde werden die Stapel in den meisten Fällen von Westen nach Osten, also in der Hauptwindrichtung angelegt. Bei der Anlage eines Holzplatzes ist besonders darauf zu achten, daß Ruß, Staub und Rauch, die zur Verunreinigung führen, in entgegengesetzter Richtung

abgetrieben werden. Man stapelt gewöhnlich so, daß immer zwei Stapel aneinander stehen und zwischen ihnen eine Gasse zur Bedienung verbleibt. Zur Vermeidung von Holzverlusten muß auf Unterlagen gestapelt werden. Die Höhe der Stapel richtet sich nach den gesetzlichen Bestimmungen. Bei Handstapelung darf eine Höhe von 2 m nicht überschritten werden. Eine höhere Stapelung ist von dem Mechanisierungsgrad der Fördermittel abhängig.

Die regellose oder Haufenstapelung wendet man immer dort an, wo es sich um den Umschlag großer Mengen handelt. Diese Stapelung hat den Vorteil, daß ohne großen Aufwand von menschlicher Arbeitskraft unter Anwendung eines hohen Mechanisierungsgrades ein schnelles Stapeln und Beräumen möglich ist. Zur Überwachung einer mit einem Staker ausgerüsteten Stapeleinrichtung wird eine Arbeitskraft je Schicht benötigt. Die Holzstapel erreichen Höhen bis zu 30 m, eine Breite bis zu 50 m und Längen bis zu 150 m. Das hat den Vorteil, daß man sehr große Mengen auf einer kleinen Fläche stapeln kann. Bild 2 zeigt das Schema der Stapelung und Beräumung von regellosen Stapeln. Das Holz wird mittels einer Spezialstapeleinrichtung, einem „Staker", auf Haufen gefördert. Die Entnahme von den Haufen erfolgt mit Hilfe von Kränen, die mit Spezialgreifern, den sogenannten „Polypgreifern", ausgestattet sind. Vom Kran wird das Holz in einen Aufgabetrichter abgeworfen und dort zwangsweise geordnet. Aus diesem Aufgabetrichter fällt es auf einen Kettentransporteur, der über eine fahrbare Antriebsstation bewegt werden kann. Auf diesem Kettenförderer wird das Holz dann dem Hauptförderstrang zugeführt. Der im Bild angedeutete Staker ist als Portalkran zur Durchführung der Transportelemente für den Längstransport des Faserholzes ausgebildet. Es handelt sich hierbei um den Typ SB 200 der Kirow-Werke, Leningrad. Die Stapelleistung beträgt etwa 120 sfm/h, die Auslegerlänge etwa 35 m und die Stapelhöhe maximal 30 m. Der verwendete Polypgreifer, der mit sechs bis acht

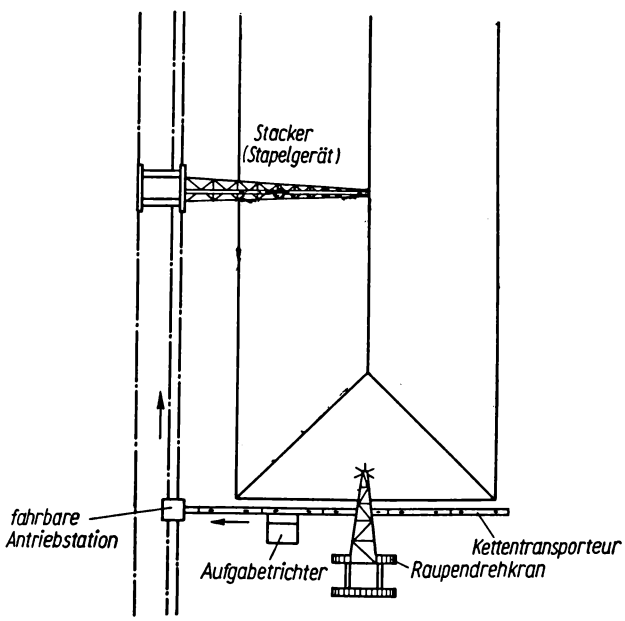


Bild 2. Stapelung und Entstapelung regelloser Holzstapel

Armen ausgerüstet ist, erfaßt bei einem Greiferspiel 1,3···2,6 rm und hat eine Umschlagsleistung von 500···600 rm in acht Stunden. Das entspricht einer Stundenleistung von 60···75 rm.

5.2. Lagerung des Strohes

Unter den Einjahrpflanzen ist das Getreidestroh der Faserrohstoff, der in verschiedenen Ländern in starkem Maße verarbeitet wird. Die Lagerung des Strohes muß so erfolgen, daß es weder vom Erdboden noch durch Witterungseinflüsse große Mengen Feuchtigkeit aufnehmen kann. Auch vor Verunreinigung durch Staub, Ruß und Rauch muß es geschützt werden. Die Lagerung in Scheunen ist der in Diemen vorzuziehen. Das ist ganz besonders dort notwendig, wo es auf die Erzeugung hochwertiger Zellstoffe ankommt. Das zur Herstellung von Gelbstrohstoff verwendete Stroh lagert man vorzugsweise in Diemen, weil hierfür keine zu hohen Ansprüche in bezug auf Reinheit gestellt werden. Es ist aber darauf zu achten, daß das Stroh nicht zu feucht ist. Entsprechend der TGL 11 6600.01 (Industriestroh) liegt der höchst zulässige Feuchtigkeitsgehalt bei 14 %. Sofern Stroh sehr feucht gepreßt wurde und in diesem Zustand gelagert wird, treten bereits nach wenigen Tagen Wärmeerscheinungen im Inneren der Ballen auf, die eine Folge eintretender Fäulnis sind. Ähnliche Erscheinungen gibt es bei solchen Diemen, die bei starkem Regen gesetzt wurden. Wenn auch die Feuchtigkeit nicht unmittelbar in die dicht gepreßten Ballen eindringen kann, so tritt doch die Wärmeentwicklung zwischen den Ballen ein. In diesem Fall ist zur Vermeidung von Fäulnis entweder ein Umstapeln oder sofortige Verarbeitung erforderlich. Bei der Anlage der Diemen sind die entsprechenden feuerlösch-polizeilichen Bestimmungen und die Anweisungen für den Arbeitsschutz zu beachten. In ihnen sind Diemengröße, Diemenabstand, die Anzahl und Breite der Feuergassen und alle anderen Erfordernisse für eine ordnungsgemäße Lagerung festgelegt. Die Entladung, Stapelung und Beräumung der Diemen soll weitgehend mechanisiert sein, um Arbeitskräfte zu sparen und die körperlich schwere Arbeit auf ein Mindestmaß zu beschränken.

5.3. Lagerung der Halbstoffe

Die Lieferung der Halbstoffe erfolgt in Form von Rollen, Wickeln oder Ballen, soweit sie nicht im Betrieb selbst erzeugt werden. Ähnlich wie bei Holz und Stroh ist es auch bei den Halbstoffen notwendig, zur Überbrückung geringerer Eingänge bestimmte Vorräte zu halten, um einen kontinuierlichen Produktionsablauf zu gewährleisten. Dabei kommen die Halbstoffe mit unterschiedlichem Trockengehalt an. Dem Verarbeiter ist der feuchte Zustand insofern erstrebenswert, weil sich einmal diese Stoffe leicht auflösen lassen, zum anderen ihre physikalischen Eigenschaften günstiger als die der trockenen Stoffe sind. Das hat seine Ursache darin, daß bei dem Trockenvorgang außer dem Wasserentzug eine künstliche Alterung und Verhornung der Faser eintritt, die die physikalischen Eigenschaften beeinflussen. Das wirkt sich besonders auf die Elastizität der Faser, ihr Quellvermögen und das Mahlverhalten aus. Ein Nachteil ist allerdings der hohe Wasseranteil insofern, als er den Transportraum belastet und damit auch die Transportkosten je Einheit erhöht. Entsprechend dem Zustand der gelieferten Rohstoffe ist auch der Lagerraum in bezug auf die Lagerfläche zu

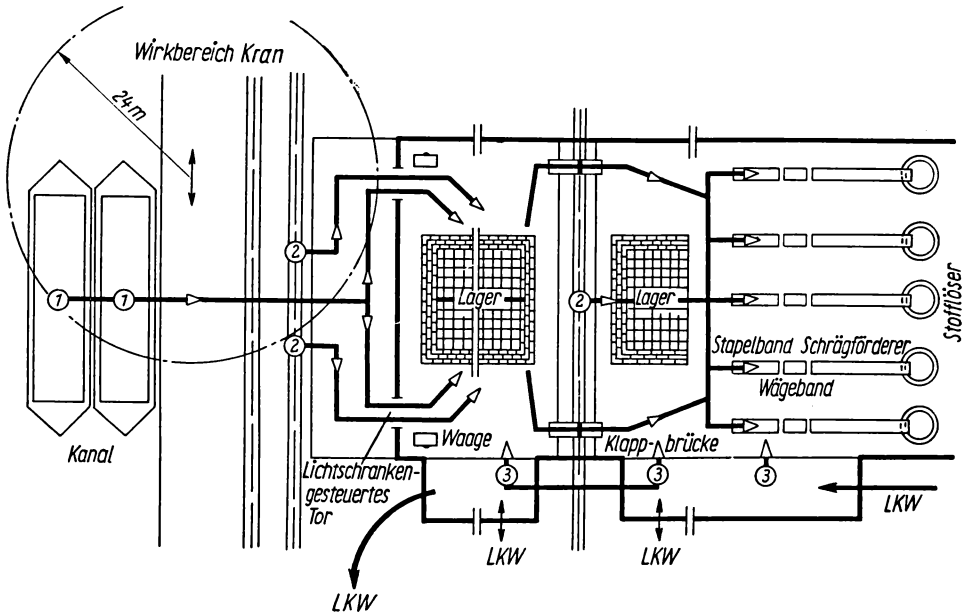


Bild 3. Schema für die Entladung, den innerbetrieblichen Transport und die Lagerung von Halbstoffen

(*1*) Entladung von Schiff, (*2*) Entladung von Bahn, (*3*) Entladung von LKW

berechnen. Dabei gilt wieder der Grundsatz: kürzeste Transportwege vom Transportmittel zur Auflösung mit geringster Anzahl von Arbeitskräften und rationellem Einsatz der Transportmittel. Bild 3 zeigt eine gute Lösung des Transport- und Lagerproblems für Altpapier, Zellstoff und gegebenenfalls Holzschliff und Halbzellstoff. Der Eingang der Rohstoffe kann auf drei Arten erfolgen. Gehen die Rohstoffe per Schiff ein, so wird mittels Doppellenker-Wippdrehkrans und Stauerpaletten entladen. Diese Paletten werden mit dem Gut aus dem Schiff entladen und auf Transportwagen, die auf der Rampe des Lagergebäudes bereitstehen, abgesetzt. Mittels dieser Wagen werden die Rohstoffe auf die vorgesehenen Lagerplätze gefahren und dort durch Gabelstapler auf Stapel gesetzt. Durch das Lagergebäude, in dem sich die Auflösegeräte befinden, führt ein Reichsbahngleis. Dadurch ist es möglich, die Entladung aus dem Waggon direkt mit Gabelstaplern durchzuführen. Zur Aufrechterhaltung des Verkehrs zwischen der Hafenrampe und dem jenseits des Gleises gelegenen Teil des Lagergebäudes sind Gleisklappbrücken eingebaut. Die dritte Möglichkeit für den Antransport der Halbstoffe ist der LKW. Hierfür ist eine seitlich überdeckte Rampe vorgesehen, so daß die Entladung ebenfalls mittels Flurfördergerätes und Palette erfolgen kann. Wie aus dem Grundriß des Bildes zu sehen ist, sind kürzeste Wege zwischen Eingang und Lager und zur Stoffauflösung gewählt worden. Das erfordert aber auch eine umfangreiche Mechanisierung bei geringem Aufwand an Arbeitskräften. Durch die Verwendung von Gabelstaplern und Gabelhubwagen wird es möglich, die Halbstoffe auf verhältnismäßig kleinem Raum, aber sehr hoch zu stapeln. Die Lagerung der Halbstoffe hat übersichtlich getrennt nach den einzelnen Sorten und Qualitäten

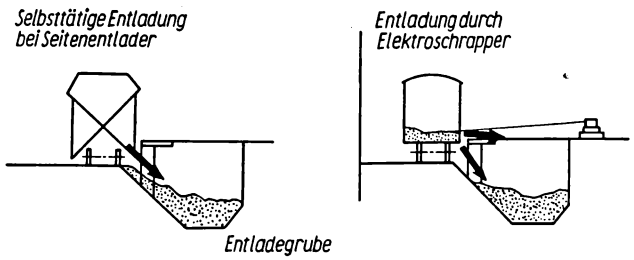


Bild 4. Entladung und Lagerung von Kaolin

zu erfolgen. Dabei müssen die einzelnen Stapelplätze mit Tafeln versehen sein, auf denen Sorte, Qualität, Menge und Eingangsdatum zu ersehen sind.

5.4. Lagerung der Hilfsstoffe

Wie bereits erwähnt, kommt es auch hier darauf an, eine Methode zu finden, die bei einem hohen Grad der Mechanisierung und Automatisierung einen geringen Aufwand an Menschen erfordert und die Möglichkeit schafft, die Hilfsstoffe sofort nach Eingang im Werk aufzulösen oder entsprechend zu verdünnen und in diesem Zustand zu lagern. Es ist deshalb erforderlich, die einzelnen Hilfsstoffe, wie Kaolin, Leim und Alaun, so zweckmäßig zu lagern, daß die Auflösung im gleichen Bereich geschehen kann. Die Zubereitung muß hier so erfolgen, daß der zubereitete Hilfsstoff in diesem Zustand mit den Halbstoffen gemischt werden kann. Leime werden entweder in Fässern oder bei größeren Mengen in Tankfahrzeugen geliefert. Die letztgenannte Form der Zuführung hat den Vorteil, daß große Mengen auf einmal geliefert und in einem Behälter gelagert werden können, aus dem eine genaue Entnahme unter Zuhilfenahme von Meßgeräten erfolgen kann. Diese Lagerung bringt eine bedeutende Arbeitserleichterung und eine Einsparung an Arbeitskräften mit sich. Darüber hinaus treten Materialeinsparungen dadurch ein, daß in den Fässern keine Reste verbleiben.

5.4.1. Lagerung von Kaolin

Die Lagerung von Kaolin erfolgt entweder in fester Form in hierzu errichteten Bunkern bzw. in zunehmendem Maße in Form von Suspensionen. Bild 4 zeigt als Beispiel den Querschnitt durch ein Kaolinlager. In diesem Lager führt ein Reichsbahngleis bis zur Entladestelle. Die Entladung erfolgt beim Selbstentlader ohne menschliche Arbeitskraft direkt in den Tiefbunker oder, sofern es sich um normale G-Waggons handelt, mit Hilfe eines Elektroschrappers, der von einer Arbeitskraft bedient wird.
Eine bedeutend wirtschaftlichere Form ist die Lagerung in Form von Suspensionen, wie dies nachstehend erläutert wird [12]. Die Entladung erfolgt aus dem Waggon mittels eines Schrappers auf ein Förderband, welches das Kaolin direkt dem Auflöser zuführt. Die gesamte Anlage benötigt lediglich eine Arbeitskraft für die Bedienung des Schrappers und die Überwachung der nachfolgend geschilderten automatisierten Auflösung und Stapelung. Wie aus Bild 5 zu entnehmen ist, arbeitet die Anlage wie folgt: Durch einen Stromwandler wird die Stromaufnahme des Antriebsmotors für den Auflöser gemessen. Der ermittelte Meßwert wird dem elektronischen Meßrelais

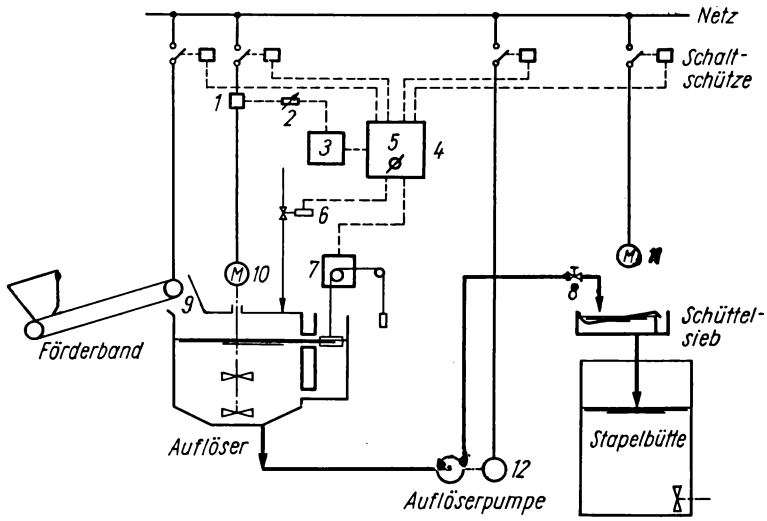


Bild 5. Moderne vollautomatische Füllstoff-Aufbereitungs-Anlage (Prinzipschaltbild)

(*1*) Stromwandler, (*2*) Konsistenzeinstellung, (*3*) elektronisches Meßrelais, (*4*) Steuergerät, (*5*) Hand-Automatik-Schalter, (*6*) Wasserzuteilventil, (*7*) Niveausteuerung, (*8*) Einstellventil für Auflösegeschwindigkeit, (*9*) Förderbandantrieb, (*10*) Auflöserantrieb, (*11*) Wuchtschüttlerantrieb, (*12*) Füllstoffpumpe

zugeleitet, mit dem an der Konsistenzeinstellung festgelegten Sollwert verglichen und bei Abweichungen vom Sollwert das Steuergerät beeinflußt. In Abhängigkeit von den Abweichungen zum Sollwert, in denen sich die Leistungsaufnahme des Antriebsmotors ausdrückt, erfolgt die Betätigung des Förderbandes bzw. des Wasserventils. Ist die Konsistenz zu hoch, wird das Förderband abgeschalten und das Wasserventil geöffnet. Bei zu geringer Konsistenz ist das umgekehrt. Die Suspension wird mittels einer Pumpe kontinuierlich abgezogen und über Vibrationssortierer der jeweiligen Stapelbütte zugeleitet. Das Niveau im Löser wird durch einen Schwimmer konstant gehalten, der einerseits das Wasserventil und das Förderband steuert bzw. bei zu starkem Absinken die Förderpumpe abschaltet. Die Vorteile einer solchen Anlage liegen darin, daß die Auflösung unmittelbar am Eingang des Kaolins geschieht, die Stapelung in flüssiger Form bei Konsistenzen zwischen 500···1000 g/l erfolgen kann, der Raumbedarf relativ gering ist und zur Entladung und Überwachung nur eine Arbeitskraft benötigt wird. Dabei hat sich in der Praxis gezeigt, daß für die Entladung eines Waggons mit 20 t, einschließlich der Vorbereitungs- und Reinigungsarbeiten nur 2···3 h benötigt werden, eine Zeit, in der vorher bei Handentladung und -stapelung in ungelöster Form 8 Arbeitskräfte erforderlich waren. Das heißt, daß durch den Betrieb der oben geschilderten Anlage rund 87 % an Arbeitskraft eingespart werden kann.

5.4.2. Lagerung von Harzleim

Im Interesse der Verminderung von Lohn- und Transportkosten sowie von Leimverlusten, die bei dem herkömmlichen Faßtransport entstanden, ist man immer mehr

auf den Straßen- bzw. Schienentransport mit Tankfahrzeugen übergegangen. Die ankommenden Großbehälter werden im Betrieb sofort nach Eingang entleert und der Leim mit seiner ursprünglichen Konsistenz in Vorratsbehältern gestapelt. Durch das sofortige Ausspülen der Tanks werden Leimverluste vermieden. Das Spülwasser wird in einem gesonderten Behälter gestapelt und zur Leimverdünnung vor der Zugabe zum Stoff verwendet. Es empfiehlt sich nach Erfahrungen aus der Praxis eine Verdünnung auf 25···30 g/l, weil sich dadurch eine bessere Verteilung im Stoff und dadurch wiederum eine Leimeinsparung von etwa 15 % gegenüber früher ergibt.

6. Aufbereitung der Rohstoffe zu Karton- und Pappenhalbstoffen

6.1. Mechanische Aufschlußverfahren

6.1.1. Weißschliff

6.1.1.1. Holz

Zur Herstellung von weißem Holzschliff wird fast ausschließlich Fichtenfaserholz verwendet, weil es sich zur Herstellung eines hochwertigen Faserstoffes ausgezeichnet eignet. Der Anteil an Kiefernholz ist verhältnismäßig gering, weil sich bei der Verarbeitung eines hohen Prozentsatzes dieses Holzes Harzschwierigkeiten ergeben und der Holzschliff eine dunklere Farbe als Fichtenholzschliff hat. Das hat seine Ursache in dem stark rotbraunen Kern der Kiefer. Obwohl den Harzschwierigkeiten durch Einsatz von Bariumsalzen begegnet werden kann, hat die Verwendung keinen größeren Umfang angenommen. Auch Laubhölzer werden nur in geringem Umfang verarbeitet, weil sich infolge der geringen Faserlänge dieser Holzart keine hohen mechanischen Festigkeiten erreichen lassen. Zur Herstellung von weißem Holzschliff sollen die Hölzer frisch sein, weil sich in diesem Zustand die Einzelfasern leichter aus dem Faserverband herauslösen lassen und gleichzeitig mehr in ihrer ursprünglichen Form erhalten bleiben. Dieser Umstand ist eine Voraussetzung für die Erzielung hoher Festigkeitseigenschaften.

6.1.1.2. Holzvorbereitung

Das Holz wird zunächst entrindet, d. h. von Rinde und Bast befreit. Hierzu wendet man heute fast ausschließlich Naßentrindungsverfahren an, die den Vorteil haben, daß tatsächlich nur Rinde und Bast entfernt werden und sehr niedrige Holzverluste eintreten. Während bei den veralteten Messerschälverfahren die reinen Holzverluste etwa 7···10 % und mehr betrugen, erreicht man bei den Naßentrindungsverfahren eine Senkung dieser Verluste auf etwa 1···2 % und dadurch einen bedeutenden wirtschaftlichen Nutzen.

Dämpfen

Das zu entrindende Holz wird zweckmäßig zunächst einem Dämpfprozeß in sogenannten Dämpfkammern unterzogen, die in verschiedener Form gebaut werden. Bild 6 zeigt eine Anlage mit runden Kammern, deren Beschickung mittels eines Förderbandes erfolgt. Die Größe der Kammern richtet sich nach der täglichen Durchsatzmenge. Die Beschickung erfolgt entweder mit Förderband oder mit Kran. Während des Beschickungsprozesses wird die Kammer zunächst zu zwei Dritteln mit Wasser gefüllt, damit die Stöße beim Füllen gedämpft werden. Die Dämpfung des Holzes erfolgt bei Temperaturen von 90···95 °C und dauert je nach Art, Wachstum und Alter des Holzes 2 bis 5 Stunden. Im allgemeinen rechnet man mit einer durchschnittlichen Dämpfzeit von 4 Stunden und einem mittleren Sattdampfverbrauch von etwa

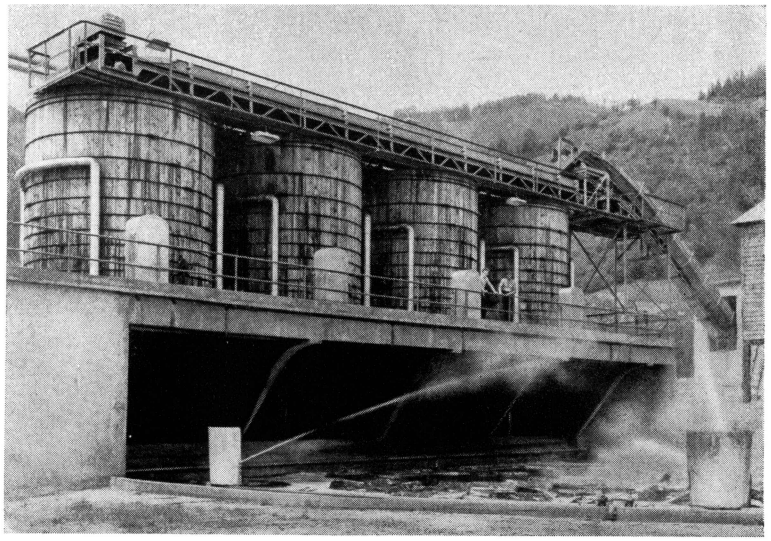


Bild 6. Offene Dämpfkammern

25···35 kg je rm bei einem Wärmeinhalt des Dampfes von 600 kcal/kg. Der Dampfverbrauch wird aber auch von dem Eingangs-Feuchtigkeitsgehalt und dem Durchmesser des Holzes beeinflußt.

Zweck des Dämpfens ist es, den Bast und die Rinde zu lockern, um ein leichteres und schnelleres Ablösen ohne Holzverlust zu erreichen. Dabei erzielt man durch eine Quellung gleichzeitig die Auflockerung der Gewebe, was wiederum für den nachfolgenden Schleifprozeß und die Qualität des erzeugten Holzschliffes vorteilhaft ist. Nach Beendigung des Dämpfprozesses wird das so behandelte Holz durch Öffnen der Bodenklappen in einen Kühlteich entleert. Diese Maßnahme wird nach einem schwedischen Patent für erforderlich gehalten, damit der durch die Dampfbehandlung erzielte Lockerungszustand bestehenbleibt. Demgegenüber weist allerdings *Gläser* [13] an Hand durchgeführter Versuche nach, daß durch das Abkühlen oder gar Abschrecken der Schälwiderstand, der nach dem Dämpfen praktisch = 0 war, sich wieder erhöht. Es erfolgt also, richtig gesagt, ein Abschrecken. Infolge der hierbei entstehenden starken Temperatur- und Druckunterschiede entquellen die äußeren Schichten, also Bast und Rinde, sehr schnell. Das ist infolge der isolierenden Wirkung der Rinde bei den tieferliegenden Schichten nicht der Fall, so daß die Entspannung zwischen Holz und Rinde in unterschiedlichem Tempo vor sich geht. Dadurch treten zwischen den beiden Schichten Spannungen auf, die zur Lockerung zwischen Bast und Holz und zu Zerreißungen in der Rinde führen. Der Abschreckungsprozeß hat aber den weiteren Vorteil, daß die klebenden Bestandteile der Kambiumschicht kristallin ausgefällt werden und damit ihre Klebkraft verlieren. Diese kristallinen Ausfällungen werden bei dem anschließenden Entrindungsprozeß mit entfernt. Während der Lagerung im Kühlteich muß das Holz gleichmäßig feucht gehalten werden, damit kein unterschiedliches Haften der Rinde auftritt. Zu diesem Zweck wird das Holz durch Beregnungsanlagen dauernd mit Wasser übersprüht. Der Längskettenförderer entnimmt das Holz dem Kühl- bzw. Vorratsteich und führt es aus diesem der Entrindungsanlage zu (Bild 7).

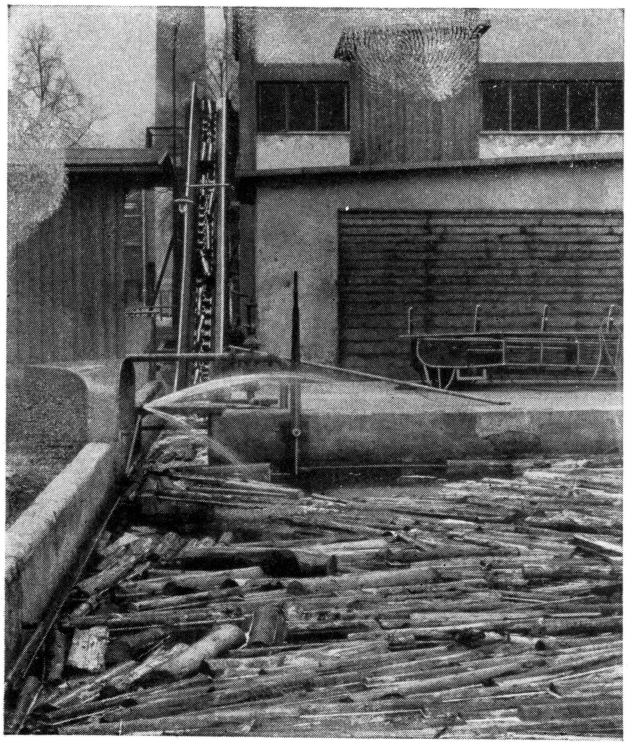


Bild 7. Entnahme des Holzes aus dem Kühlteich

Entrinden

Die eigentliche Entrindung des Holzes erfolgt in Großentrindungsanlagen, die eine Leistung bis zu 100 rm/h haben. Der Entrindungszustand und die Entrindungsdauer sowie die Qualität der Entrindung werden von dem Zustand des Holzes bestimmt, d. h., daß der Grad der Lockerung von Rinde und Bast einen maßgeblichen Einfluß hat. Hierbei soll darauf hingewiesen werden, daß selbstverständlich auch ungedämpftes Holz nach wie vor in diesen Anlagen entrindet werden kann. Dabei kommt es vor allem darauf an, daß bei der Entrindung möglichst kein Holzverlust eintritt. Die vorbehandelten Holzknüppel werden der Trommel mit Hilfe von geeigneten Transporteinrichtungen, wie Gummitransportbändern, Kettenförderern oder Rollenbahnen, zugeführt. Durch die Drehung der Entrindungstrommel ist das darin enthaltene Holz einer dauernden Bewegung unterworfen. Dabei reiben sich die Knüppel ständig gegenseitig und an den Profileisen des Trommelkörpers. Gleichzeitig erfolgt ein fortwährendes Anheben und Fallen der Knüppel. Durch die geschilderten Bewegungen und die dabei entstehende Reibung wird die durch den Dämpfprozeß bereits gelockerte Rinde abgerieben, tritt durch die Spalten zwischen den Profileisen aus und fällt in die Betonwanne unter der Trommel. Gleichzeitig werden die Knüppel nach dem anderen Ende der Trommel bewegt und dort ausgeworfen. Eine nachteilige Erscheinung der Reibungsentrindung in Trommeln ist allerdings eine nicht vollkommen vermeidbare „Pinselbildung" an den beiden Knüppelenden, die durch das

Stoßen und Fallen in der Trommel auftritt. Diese Pinselbildung wirkt sich auf den Schleifprozeß insofern negativ aus, als sich durch diese erhöhter Splitteranfall ergibt und dadurch der Anfall an Raffineurstoff steigt. Bild 8 zeigt eine Großentrindungstrommel zur Entrindung von Nadelhölzern. Die im Trog gesammelte Rinde wird kontinuierlich abgeführt und entweder auf einem Wuchtschüttler oder besser in einer Rindenpresse (Bild 9) entwässert. Sie wird zur Herstellung von Dämmplatten, als Brennstoff oder zur Kompostierung verwendet. Durch die hohen Gewichte, die einmal von der Trommel selbst und zum anderen durch die Holz- und Wassermengen

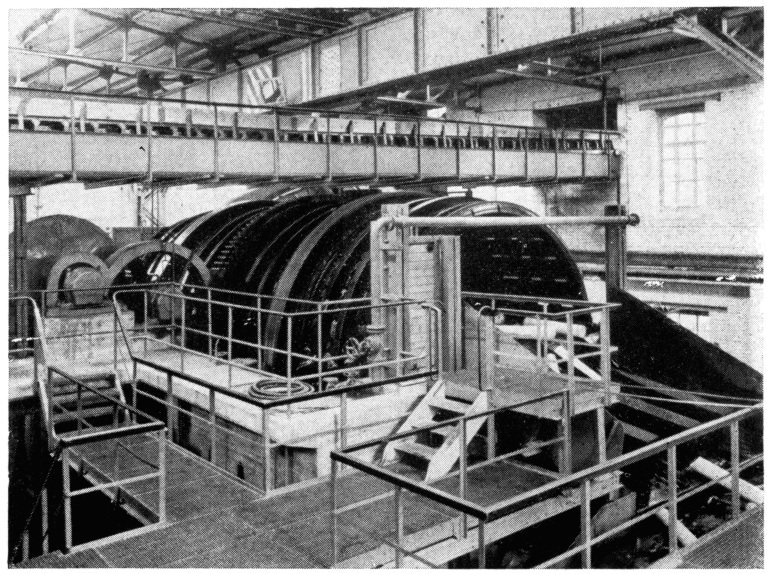


Bild 8
Großentrindungstrommel

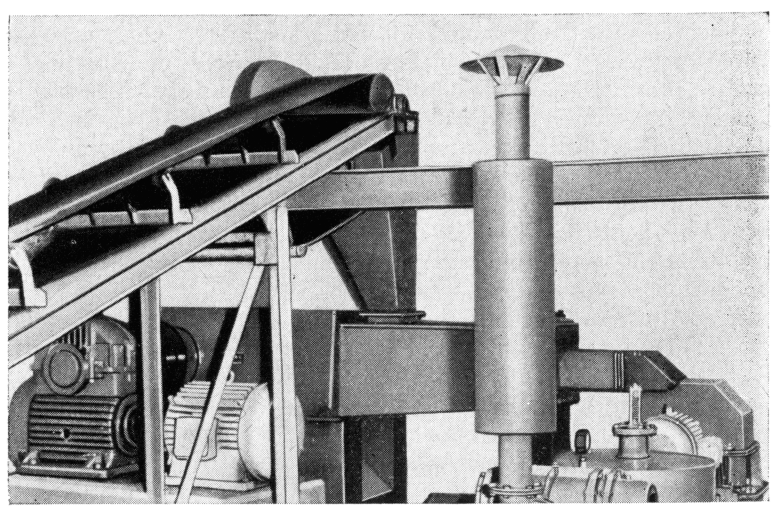


Bild 9
Rindenpresse

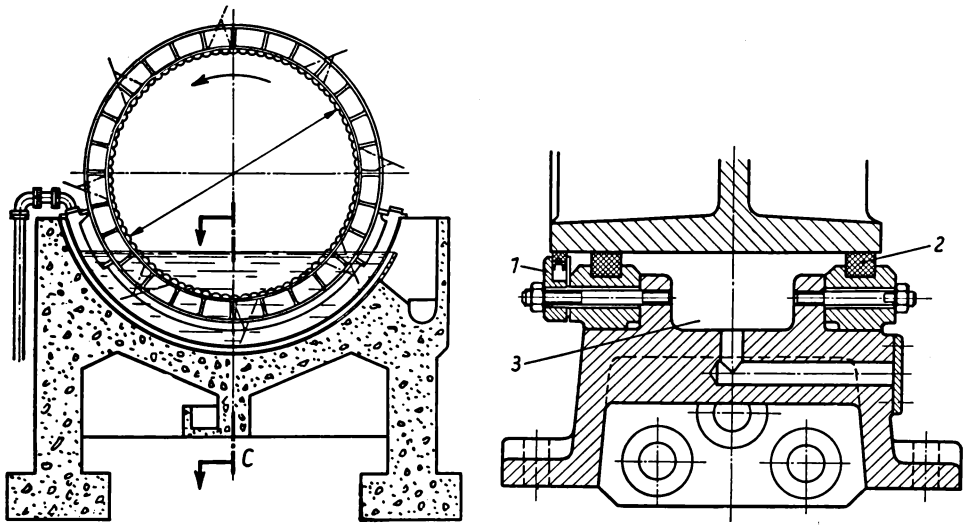


Bild 10. Lagerung von Entrindungstrommeln: System „Waplan"
(*1*) Ausführung mit Tragringdichtung, (*2*) Gleitbahn, (*3*) Druckwasser 1,6···1,8 at abs.

verursacht werden, entsteht eine große Stoßbelastung, die starke Beanspruchungen der Lagerung der Trommel verursacht. Deshalb ist man bei neuen Anlagen von der Rollenlagerung abgegangen und wendet heute eine hydraulische Lagerung an. Im Bild 10 ist diese Art der Lagerung von Entrindungstrommeln gezeigt. Bei der im Bild dargestellten hydraulischen Lagerung sind in die Fundamentwanne Tragsegmente aus Grauguß mit U-förmigem Querschnitt eingegossen. Dadurch entsteht ein Ringkanal, der nach oben geöffnet ist. An die Wände dieses Kanals sind an der Seite Tragschienen aus Grauguß angeschraubt, in denen sich Gleitsegmente befinden. Auf diesen Segmenten ruht die Trommel mit den geschliffenen Laufringen. Durch Einpumpen von Druckwasser in den gebildeten Kanal schwebt die Trommel auf einem Druckwasserpolster. Die spezifischen Lagerdrücke sind dadurch gering. Stöße und Schwingungen, die während des Betriebes auftreten, werden elastisch abgefangen und dadurch die Betriebssicherheit und die Lebensdauer einer Trommel bedeutend erhöht.
Die Entrindungsanlage wird zweckmäßig auf dem Holzplatz aufgestellt, damit beim Transport zur Schleiferei bereits entrindetes Holz vorliegt. Selbstverständlich findet man auch heute noch, vor allem in älteren Anlagen und kleinen Pappenfabriken, die bekannten Messerentrindungsanlagen, zu denen der Bezner-Schwenkkopfschäler und andere Aggregate gehören.
Auf eine nähere Beschreibung dieser Anlagen soll hier verzichtet werden, weil ihr Einsatz immer mehr zurückgeht, was durch den hohen Holzverlust, der bei diesen Schäleinrichtungen auftritt, bedingt ist. (Siehe hierzu Ziffer 6.1.1.2.)
Auch bei kleinen und mittleren Anlagen setzt man heute bereits kleinere, periodisch arbeitende Entrindungstrommeln ein, um den hohen Holzverlust zu beseitigen und die Wirtschaftlichkeit der Anlagen auch durch Einsparung von Arbeitskräften zu verbessern.

6.1.1.3. Holztransport

Für den Transport des Holzes von der Entrindungsanlage zur Schleiferei werden entsprechend den gegebenen Verhältnissen verschiedene Arten von Transportmitteln verwendet. Dabei kommt der bisher oft noch übliche Transport mittels Schmalspurwagens für neue Anlagen nicht mehr in Frage, da er zuviel menschliche Arbeitskraft beansprucht und auch zu umständlich ist. Als bekannte und heute vielfach angewendete Ausrüstungen gelten Kettenförderer, Rollenbahnen, Gummitransportbänder und Schwemmrinnen. Dabei können je nach den örtlichen Verhältnissen die genannten Transportmittel sowohl allein als auch in den verschiedensten Kombinationen eingesetzt werden. Bei der Anlage ist stets von dem Grundsatz auszugehen, den kürzesten und ökonomisch zweckmäßigsten Weg unter geringstem Aufwand an menschlicher Arbeitskraft zu wählen.

6.1.1.4. Herstellung des weißen Holzschliffes

Zur Herstellung des Holzschliffes werden verschiedene Schleifertypen eingesetzt, die im Bild 11 gezeigt werden. Von diesen Schleifertypen ist in Europa zweifellos der Stetigschleifer am häufigsten anzutreffen. Während sich der Stetigschleifer infolge seiner hohen Leistung in der modernen Großproduktion gut verwenden läßt, werden Pressenschleifer überall dort zu finden sein, wo es sich um die Herstellung geringer Holzschliffmengen handelt. Der Pressenschleifer hat infolge seiner periodischen Arbeitsweise in der Stoffstruktur stärkere Schwankungen zwischen Kurz- und Langfaserstoff aufzuweisen. Demgegenüber hat der Stetigschleifer den Vorteil, daß durch das Vorhandensein von nur einer kontinuierlich beschickten Presse keine Belastungsschwankungen durch den Pressenwechsel auftreten. Das beeinflußt die Stoffqualität insofern günstig, als eine große Gleichmäßigkeit in der Stoffstruktur gegeben ist. Ein weiterer Vorteil dieses Schleifertyps ist die große Schleiffläche. Ein Stetigschleifer des VEB Papiermaschinenwerke Freiberg leistet bei Verwendung von gröberen Steinen zur Herstellung von Holzschliff für Karton und Pappe bei einer Steinumfangsgeschwindigkeit von 23···18,6 m/s etwa 35 t je Tag. In der nach-

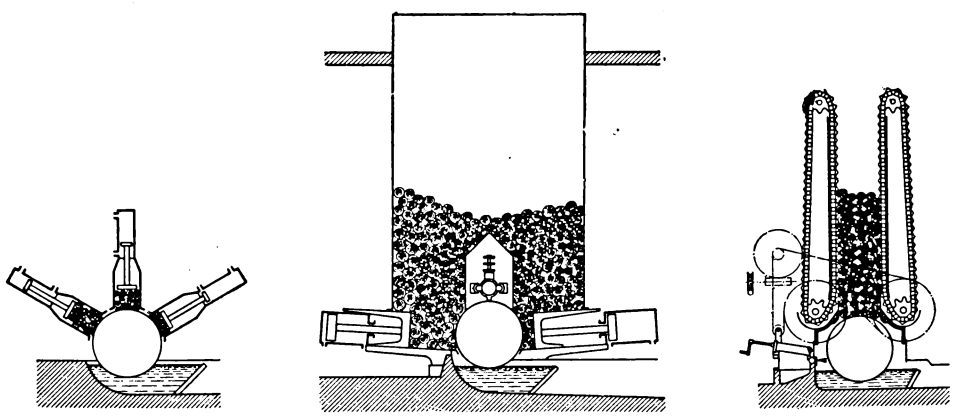


Bild 11. Schleifertypen (Pressenschleifer, Magazinschleifer, Stetigschleifer)

stehenden Tabelle sind die technischen Daten für die Stetigschleifer des VEB Papiermaschinenwerke Freiberg aufgeführt [14].

Tabelle 6. Technische Daten für Stetigschleifer des VEB Papiermaschinenwerke, Freiberg

Schleifertype	St 15	St 22	St 30
Leistungsaufnahme in PS	bis 1500	bis 2200	bis 3000
maximale Holzlänge in mm	1100	1100	1100
Steindurchmesser in mm	1500	1800	1800
Steinumfangsgeschwindigkeit in m/s	19/15,5+	23/18,5+	23/19+
Schliffmenge in t atro/d	bis 25	bis 35	bis 35

+bei abgearbeitetem Stein

Über die bisher genannten Vorteile hinaus erfordert der Betrieb von Stetigschleifern weniger Bedienungskräfte. Infolge der Vielzahl der Pressen, die bedient werden müssen, können von einer Arbeitskraft höchstens zwei Pressenschleifer bedient werden, vorausgesetzt, daß diese günstig zueinander stehen. Dagegen kann mit Stetigschleifern bei Vollmechanisierung eine Arbeitskraft bis zu sechs Schleifer bedienen.

Beschickung der Schleifer

Bei älteren Anlagen erfolgt das Einlegen des Holzes von Hand; bei modernen Anlagen ist man zur mechanisierten und automatisierten Arbeitsweise übergegangen.
Im Bild 12 werden die verschiedenen Formen der automatischen Beschickung von Schleifern gezeigt.
Im linken Teil des Bildes ist die Beschickungsanlage für einen Zweipressen-Großkraftschleifer dargestellt. Das Holz wird mittels Transportband zugeführt, in einem Schacht vor der Presse gestapelt und beim Pressenwechsel durch einen hydraulisch betätigten Kolben in der Presse eingeschoben. Die auf der rechten Bildseite dargestellte Beschickungseinrichtung für einen Stetigschleifer arbeitet folgendermaßen: Die Knüppel werden mit einem Transportband, das über den Schleiferschächten läuft, querliegend zugeführt. Die Schächte sind gegen das Transportband durch den Schieber verschließbar. Die Öffnung des Schiebers erfolgt über den Endschalter für Öffnungsimpuls, wenn der Holzstapel im Schacht so weit abgesunken ist, daß die Klappen sich durch die Last der Gegengewichte nach oben schließen. Das einfallende Holz wird zunächst auf den Klappen vorgestapelt, bis diese sich durch die Belastung öffnen. Erreicht die Stapelhöhe im Schleiferschacht die Lichtschranke, so wird der Schließimpuls des Schiebers ausgelöst.
Eine andere Form der Beschickung von Stetigschleifern wird im Bild 13 gezeigt. Das Holz wird zunächst von Hand in einen Spezialwagen gestapelt, der mit einem Gabelstapler vor den Schleiferschacht gefahren wird. Dieser Gabelstapler ist mit einer Abschubvorrichtung ausgerüstet, die den gesamten Wageninhalt in den Schleiferschacht schiebt. Durch diese Arbeitsweise kann ein Teil der manuellen Arbeit eingespart und eine größere Anzahl von Schleifern von einer Arbeitskraft bedient werden.

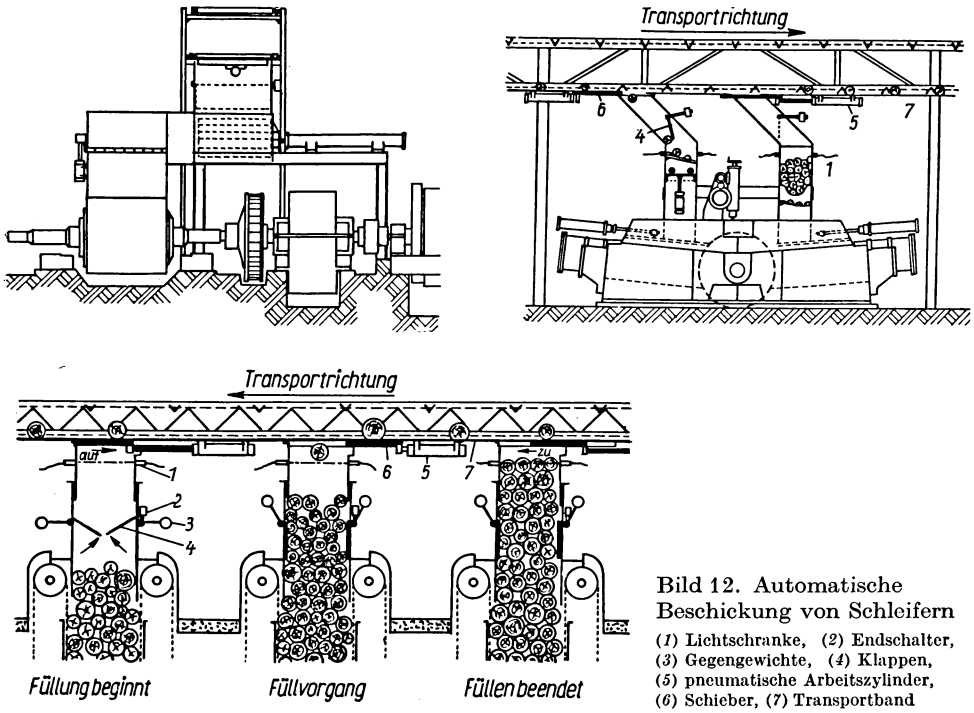


Bild 12. Automatische Beschickung von Schleifern

(*1*) Lichtschranke, (*2*) Endschalter, (*3*) Gegengewichte, (*4*) Klappen, (*5*) pneumatische Arbeitszylinder, (*6*) Schieber, (*7*) Transportband

Holzschliffqualitäten

Die Herstellung des weißen Holzschliffes kann nach unterschiedlichen Technologien erfolgen, die es zu unterscheiden gilt, weil sie die Qualität des erzeugten Stoffes beeinflussen und sie dem Verwendungszweck des Schliffes angepaßt werden muß.

Kaltschliff. Bei der Herstellung dieser Stoffart wird mit Kaltwasser gearbeitet. Der bei dieser Schleifmethode hergestellte Holzschliff weist eine hohe Weiße auf und hat einen kurzen, röschen Charakter. Man verwendet ihn ausschließlich zur Erzeugung saugfähiger Pappen, aus denen Bierdeckel, gepreßte Teller, Tortenteller usw. hergestellt werden.

Warmschliff. Diese Bezeichnung ist auf die Art der Erzeugung des Holzschliffes zurückzuführen. Durch hohen Preßdruck und eine geringe Zugabe von Spritzwasser, die im Kreislauf erfolgt, tritt eine Erwärmung des Stoffes ein. Die Temperaturen liegen bei etwa 40···45 °C, und die Stoffdichte im Trog beträgt etwa 3···4 %. Dieser Stoff wird ausschließlich zur Herstellung von Pappen aller Art und minderen Kartonsorten eingesetzt.

Dünnheißschliff. Dieses Verfahren wird in sehr großem Umfange angewendet, weil ein hoher Langfaseranteil erreicht werden kann. Das hat im Zusammenhang mit dem entsprechenden Feinstoffanteil eine positive Auswirkung auf Blattbildung und Festigkeit. Durch die beim Schleifen entstehenden hohen Temperaturen, die in der Schleifzone bis zu 150 °C betragen können, tritt die erwähnte Beeinflussung des Faser-

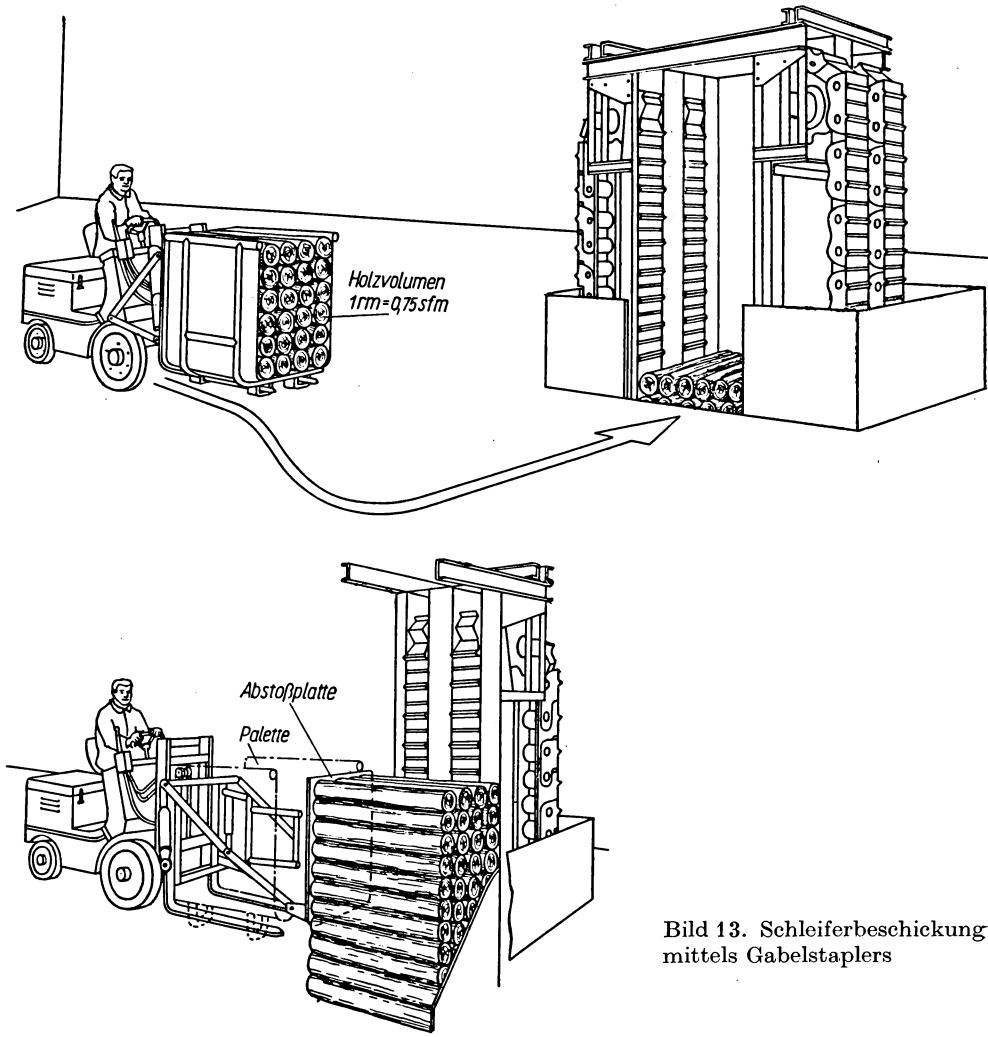


Bild 13. Schleiferbeschickung mittels Gabelstaplers

charakters ein. Die Temperaturen in der Schleifzone sind von der Stoffdichte in diesem Bereich abhängig. Dabei sind Temperatur und Stoffdichte bestimmend für die Qualität des Holzschliffes. Die Stoffdichte am Austritt aus der Schleifzone liegt zwischen 16 und 20 % und im Trog bei etwa 1,5···3 %. Man unterscheidet bei diesem Prozeß zwei Phasen:

1. Plastizieren der vorwiegend aus Lignin bestehenden Kittsubstanz bei der in der Schleifzone durch Reibungswärme auftretenden Temperatur sowie
2. eigentliche Zerfaserung durch bürstende Wirkung der Körner der Steinoberfläche = Mahlung der erzeugten Fasern und Faserbündel [15].

Wie bereits unter 6.1.1.1. angedeutet wurde, hat der Feuchtigkeitsgehalt des eingesetzten Faserholzes einen wesentlichen Einfluß auf die Qualität des erzeugten Holzschliffes. Wenn das Holz eine zu geringe Feuchtigkeitsmenge enthält, so wirkt die beim Schleifen entstehende Wärme direkt auf die Faser, die dadurch beschädigt wird. Dadurch wird es unmöglich, einen hohen Langfaseranteil zu erzielen. Demgegenüber ist ein hoher Feuchtigkeitsgehalt fördernd für das Herauslösen der Faser. Das liegt darin begründet, daß das Wasser verdampft und die Fasern durch die entstehende Wärme quellen, flexibel und weich werden. Man verwendet also zweckmäßig Hölzer mit einem Feuchtigkeitsgehalt nicht unter 35 %, also oberhalb der Wassersättigungsgrenze. *Schwartz* [15] sagt dazu folgendes:

1. Holz mit 20 % Feuchtigkeit ergibt bereits bei 60 °C Schleiftrogtemperatur eine schlechte Stoffqualität.
2. Holz mit 25···28 % Feuchtigkeit: 25···30 % Langfaser bei einem spezifischen Schleifdruck von 3,2···3,4 kg/cm², einer Trogtemperatur von 70 °C und Abwasser mit etwa 56 °C. Wird die Trogtemperatur auf 75 °C erhöht, ist mit Braunfärbung der Faser zu rechnen.
3. Waldfrisches oder geflößtes Holz mit mehr als 40 % Feuchtigkeit soll nicht bei einer Temperatur unter 75 °C bei einer Trogdichte von wenigstens 1,8 % verarbeitet werden. Langfasergehalt bis zu 40 % bei Verwendung von Schärfrollen Nr. 10 mit $^3/_4$ Steigung und keramischen Steinen – mit Reduzierung des erzielten Mahlgrades bei gleicher Belastung ist zu rechnen –; initiale Naßfestigkeit liegt etwa 20 % höher als bei Holz mit etwa 28 % Feuchtigkeit.

6.1.1.5. Sortierung

Der vom Schleifer über einen Grobrechen kommende Stoff wird zunächst auf dem Splitterfänger (Lochung von 5 mm bei etwa 1 % Stoffdichte) sortiert. Hier werden grobe Splitter und Späne entfernt. Der so vorsortierte Stoff wird in Wirbelentsandern von dem mitgeführten Sand, der von den Steinen herrührt und dessen Anteil je nach Steinart 100···400 g/t betragen kann, befreit. Das wirkt sich vorteilhaft auf die Haltbarkeit der Sortiersiebe aus, erhöht die Qualität des Schliffes und des daraus erzeugten Kartons. Anschließend erfolgt die Sortierung in Rundsortierern. Für den zur Karton- und Pappenherstellung erforderlichen Stoff genügt meist auch eine einstufige Sortierung, die zweckmäßig mit Cowan-Sortierern erfolgt, die eine Sieblochung von 2,0/1,8 mm haben. Der anfallende Gutstoff wird direkt den Entwässerungsmaschinen zugeführt. Der anfallende Spuckstoff wird zunächst unter gleichzeitiger Aussortierung noch enthaltener Grobstoffe behandelt, auf einem Vibrationssortierer auf 3 % eingedickt und dann in der Raffineurstoffbütte gesammelt. Als Raffineure verwendet man Hydromühlen, die sich infolge ihrer fibrillierenden Wirkung gut für die Grobstoffaufbereitung eignen. Der aufbereitete Stoff wird wieder dem Stoffeinlaufkasten vor den Sortierern unmittelbar zugeleitet. Im Bild 14 ist das Schema einer Anlage zur Herstellung von Weißschliff für Karton dargestellt. Für die Erzeugung von weißem Holzschliff rechnet man je nach Art und Qualität des Schliffes und dem technischen Zustand der Anlage mit einem spezifischen Stromverbrauch einschließlich Nebenmaschinen von max. 130···140 kWh/100 kg und einer Ausbeute von 280···290 kg atro/rm. Für die Qualitätsbeurteilung eines Holzschliffes ist der Fachbereichstandard TGL 8-3011 ab 1. 1. 1965 verbindlich.

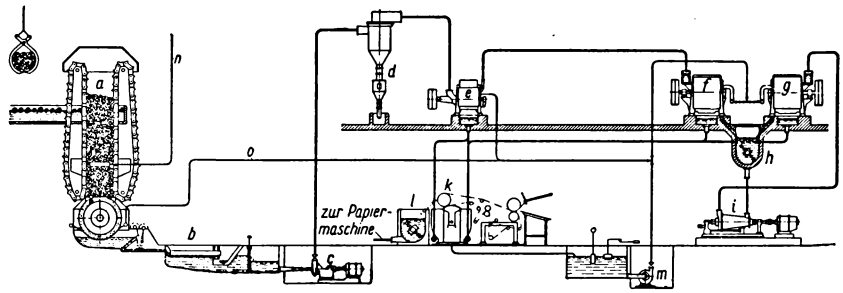


Bild 14. Schema einer Erzeugungsanlage für Weißschliff

(*a*) Stetigschleifer, (*b*) Splitterfänger, (*c*) Stoffwasserpumpe, (*d*) Sandschleuder, (*e*) Sortierer, (*f*) und (*g*) Nachsortierer, (*h*) Grobstoffbütte, (*i*) Kegelrefiner, (*k*) Entwässerungsmaschine, (*l*) Eindickbütte, (*m*) Abwasserpumpe, (*n*) Dampfschwadenleitung, (*o*) Wasserleitung

6.1.1.6. Bleiche des Holzschliffes

Die Holzsituation zwingt dazu, mit der Holzsubstanz so sparsam wie möglich umzugehen. Schon seit vielen Jahren bemühen sich die Papiermacher, dieser Notwendigkeit gerecht zu werden, indem die Einsatzmöglichkeiten für den Holzschliff erweitert und seine Anteile als Äquivalent für Zellstoff in den einzelnen Sorten erhöht wurden. Ein wesentlicher Hinderungsgrund war bisher seine schlechte Weiße, die geringen Lagereigenschaften und die schnelle Vergilbung. Die lange Zeit angewendete Reduktionsbleiche mit Natrium-Bisulfit, mit der eine geringe Aufhellung erreicht wurde, hatte den Nachteil, daß sie durch Luft-, Licht- und Wärmeeinflüsse praktisch wieder rückgängig gemacht wurde. Durch die in den letzten Jahren angewendete Reduktionsbleiche unter Verwendung von Natrium-Hydrosulfit wurde bereits eine bessere Beständigkeit erzielt. Bei diesem Verfahren arbeitet man mit einer Stoffdichte von 3···6 % und einer Hydrosulfitmenge von 0,8···1,2 %, bezogen auf atro Stoff. Der günstigste pH-Wert beträgt 6 und die Bleichtemperatur 60 °C. Um eine Beeinträchtigung des Weißgrades durch eventuell vorhandene Spuren von Schwermetallen zu vermeiden, ist es empfehlenswert, Schwermetall bindende Komplexbildner, wie Polyphosphat, einzusetzen. Mit diesen Verfahren erreicht man Weißgrade von 55 bis 60 %. Ganz besonders entwickelte sich in den letzten Jahren aber die Oxidationsbleiche. Hierzu werden Peroxide entweder allein oder in Kombination mit Zink-Hydrosulfit verwendet. Mit diesen Bleichverfahren erreicht man Weißgrade von 66 bis 78 %. Dabei ist aber zu beachten, daß die Möglichkeit einer Vergilbung bei Sonnenlichteinwirkung bestehenbleibt. Die Ursache hierfür ist, daß durch diese Bleiche nur ein geringer Ligninabbau stattfindet. Der Bleichverlust wird mit unter 1 % angegeben. Zur Bleiche von Holzschliff wurden die verschiedensten Verfahren und Technologien entwickelt, von denen nur auf zwei eingegangen werden soll. Es handelt sich bei beiden Verfahren um solche, die mit hoher Stoffdichte arbeiten. Diese Dickstoffbleiche hat gegenüber der Dünnstoffbleiche den Vorteil, daß sich die Reaktionszeit ganz erheblich verkürzen läßt, was sich auf die Größe der Anlage auswirkt und, insgesamt betrachtet, auch eine geringere Chemikalienmenge erfordert. Im Bild 15 ist das Schema einer kontinuierlichen Dickstoff-Bleichanlage gezeigt. Der auf etwa 4 % eingedickte Holzschliff wird auf einem Banddruckfilter (1) auf eine Stoffdichte von 22 % entwässert. Der so entwässerte Stoff wird mittels einer Schnecke (2) in einen Dick-

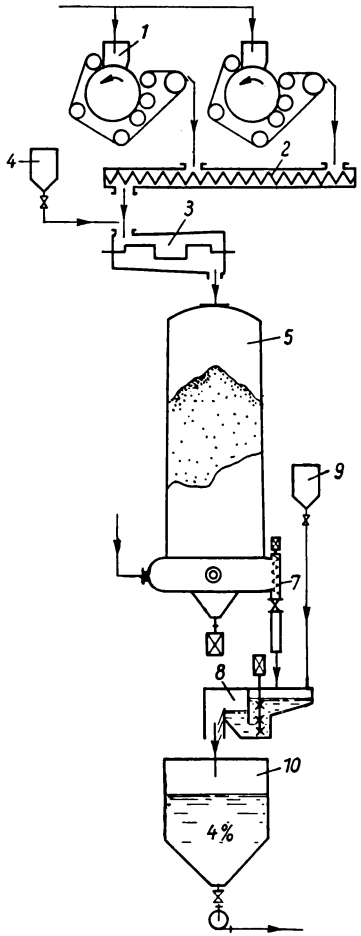


Bild 15. Schema einer Dickstoff-Bleichanlage

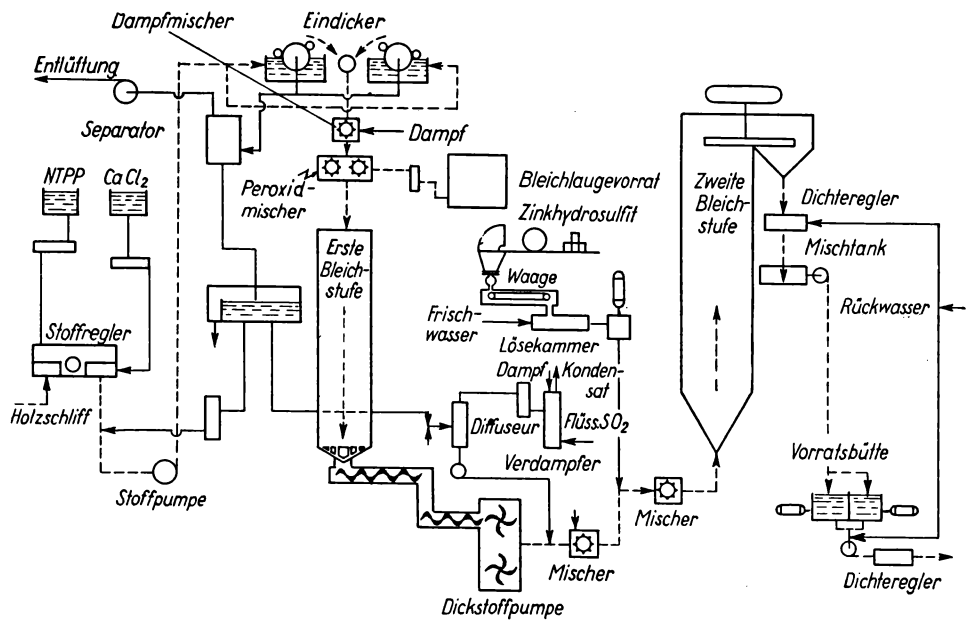


Bild 16. Holzschliffbleiche in Kombination von Peroxid und Hydrosulfit

stoffmischer (3) gefördert. Die Peroxidlösung wird aus dem Behälter (4) entweder der Förderschnecke oder dem Dickstoffmischer zugegeben, in denen der Stoff einer innigen Mischung unterzogen wird. Zur Erhöhung der Temperatur ist eine Zugabe von Dampf möglich. Durch die Zugabe des Bleichmittels wird die Stoffdichte auf 18 % verringert. Der mit dem Bleichmittel vermischte Stoff gelangt anschließend in den Bleichturm (5), in dem sich der Bleichprozeß über zwei bis drei Stunden erstreckt. Im unteren Teil des Bleichturmes wird der Stoff mit Wasser auf eine Stoffdichte von 6 % verdünnt und durch einen Propeller in Bewegung gehalten, damit eine gleichmäßige Stoffdichte erreicht wird. Mit dieser Konsistenz erfolgt der Austrag über die seitlich angeordnete Schnecke (7). Hier ist das Peroxid noch nicht restlos verbraucht und wird deshalb im Absäuerungskasten (8) mit verdünnter Säure abgestumpft. Die verdünnte Säure wird aus dem Dosierbehälter (9) entnommen. In dem Absäuerungskasten wird der Stoff einer innigen Durchmischung unterzogen, damit eine gleichmäßige Abstumpfung erfolgt. Mit einer Stoffdichte von 4 % wird der Stoff nunmehr der Sammelbütte (10) zugeleitet. Da sich Peroxide außerhalb ihres Stabilitätsbereiches sehr leicht katalytisch zersetzen, setzt man dem Bleichmittel als Gegenmittel Natriumsilikat (Wasserglas) Na_2SiO_3 zu.
Ein anderes Verfahren stellt eine Kombination von Peroxid und Hydrosulfit dar [16]. Wie aus dem im Bild 16 gezeigten Schema ersichtlich ist, wird der Holzschliff zunächst mit Natriumpolyphosphat und Kalziumchlorid vorbehandelt und anschließend auf 20 % eingedickt. Dieser Stoff wird dann in einem Dampfmischer auf 80 °C erwärmt und anschließend einem Dickstoffmischer, System „Vertiflex", zugeleitet, in dem er mit Peroxidlösung gemischt wird. Der eigentliche Bleichprozeß erfolgt in einem Bleichturm bei einer Stoffdichte von 18 % und einer Bleichdauer von zwei bis drei Stunden. Der Austrag aus dem Bleichturm geschieht durch eine am Boden angebrachte Schnecke. Mittels Dickstoffpumpe wird der Stoff zur zweiten Bleichstufe weiterbefördert. Nach der Dickstoffpumpe erfolgt zunächst die Zugabe von schwefliger Säure zum Abstumpfen und eine intensive Durchmischung in einem Dickstoffmischer. Im Anschluß hieran wird Zinkhydrosulfit zugegeben und mit Stoff innig vermischt. Der weitere Bleichvorgang geht dann in einem zweiten Bleichturm vor sich, der von unten nach oben durchströmt wird. Der Austrag erfolgt am oberen Ende. Durch die Nachschaltung der Zinkhydrosulfitstufe werden Weißgrade von etwa 75···76 G.E.B. erreicht (General Elektrik Brigthness, zu deutsch: General Elektrik Weißgrad).

6.2. Chemisch-mechanische Aufschlußverfahren

Die starke Aufwärtsentwicklung der Papier-, Karton- und Pappenindustrie in den Jahren nach 1900 hatte gleichzeitig einen schnell wachsenden Bedarf an Faserholz zur Folge. Dieser Mehrbedarf mußte überwiegend durch Fichtenfaserholz gedeckt werden, da sich die bekannten Aufschlußtechnologien hauptsächlich für die Verwendung dieser Holzart eigneten. Darüber hinaus war das Sulfatverfahren noch nicht in dem Maße verbreitet, daß man einen größeren Anteil Kiefernholz einsetzen konnte, um die Fichtenbestände zu entlasten. Diese Entwicklung mußte zwangsläufig dazu führen, daß eine gewisse Verknappung von Fichtenholz eintrat. Aus dieser Situation heraus entstand die Frage der Verwertung bisher nicht genutzter Holzarten zur Faserstoffgewinnung. Als solche kamen Kiefernholz und besonders die verschiedenen

Laubholzarten und Einjahrpflanzen in Betracht. Außerdem waren erhebliche Mengen von Holzabfällen, die vor allem in der holzverarbeitenden Industrie anfallen, noch nicht genutzt. Zur Aufbereitung dieser Hölzer machten sich eine Vervollkommnung der bekannten Aufschlußtechnologien bzw. die Entwicklung neuer Verfahren notwendig. Dabei kam es darauf an, Technologien zu entwickeln, die eine maximale Ausnutzung der Holzsubstanz für die Faserstoffgewinnung ermöglichten. Zum anderen mußte erreicht werden, daß, bezogen auf die papiertechnologischen Eigenschaften, eine Faser gewonnen wurde, die den bisher verwendeten aus Nadelhölzern ebenbürtig ist und diese damit ganz oder teilweise ersetzen kann. Diese Notwendigkeit hat zur Entwicklung kombinierter Verfahren geführt, bei denen einer chemischen Vorbehandlung eine mechanische Nachbehandlung als zweite Stufe folgt.

6.2.1. Braunschliff

6.2.1.1. Geschichtliches

Die Herstellung des Braunschliffes ist als das klassische Verfahren auf diesem Gebiet zu betrachten. Der Braunschliff verdankt seine Erfindung einem Zufall. Sie datiert aus dem Jahre 1867 und ist demnach etwa 30 Jahre jünger als der von *Keller* erfundene Weißschliff.

Als *Behrend* sich zu der oben genannten Zeit in Varzin damit beschäftigte, nach aus Amerika und England erhaltenen Mitteilungen Natronzellstoff herzustellen, erfand er den Braunschliff. Um ein leichtes Eindringen der Chemikalien in das Holz und damit eine Einsparung an diesem zu erzielen, behandelte er die Holzschnitzel zunächst im Versuchskocher mit Wasser unter einem Überdruck von 10 at.

Der nach der Behandlung gewonnene Stoff hatte eine dunkelbraune Farbe, und die Holzschnitzel ließen sich leicht mit den Fingern zerdrücken. Bei der nachträglichen Kochung mit Natronlauge erzielte er allerdings nicht den erhofften Vorteil. Bei der mikroskopischen Prüfung des unter Druck mit Wasser behandelten Stoffes stellte er aber fest, daß die Inkrusten, welche die Zellen miteinander verbinden, gelöst waren und sich dadurch die Fasern leicht aus dem Verband lösen ließen. Er kam deshalb auf den Gedanken, das Holz in ganzen Stücken zu kochen und, wie es beim Weißschliff üblich war, zu schleifen. Gleich der erste Versuch verlief erfolgreich. Auf Grund dessen wurde ein größerer Kocher angeschafft, in dem das Holz nicht mehr mit Wasser, sondern nur mit Dampf bei einem Überdruck von 4···6 at behandelt und anschließend geschliffen wurde. Aus dem Holzschliff wurde auf einer Papiermaschine Papier hergestellt, das bei den Abnehmern großen Anklang fand. Auf Grund dieses Erfolges baute *Behrend* in Varzin eine größere Anlage, die „Hammermühle", mit einer 2 m breiten Papiermaschine und erzeugte dort „Braunholzpapiere".

Meyh in Zwickau versuchte, Holz in einem Kessel durch die Behandlung mit Wasser zu entrinden. Er erhielt ebenfalls Holz mit brauner Färbung. Auch er führte Schleifversuche durch und kam zu dem gleichen Ergebnis wie *Behrend*.

Brauner Holzschliff ist ein Halbstoff, der ein Mittelding zwischen weißem Holzschliff und Zellstoff darstellt. Die aus diesem Stoff erzeugten Papiere und Pappen zeichnen sich durch hohe Festigkeiten aus, die über denen der aus weißem Holzschliff hergestellten Papiere und Pappen liegen. Das ist darauf zurückzuführen, daß die Fasern durch die Vorbehandlung wesentlich schonender aus dem Faserverband gelöst

werden und deshalb länger sind als bei weißem Holzschliff. Außerdem sind die Fasern durch das Herauslösen der Inkrusten erheblich geschmeidiger. Beim Schleifprozeß tritt durch die Lockerung des Faserverbandes eine geringe Einsparung von Schleifkraft ein, die allerdings durch einen höheren Aufwand an Wärmeenergie beim Dämpfen wieder ausgeglichen wird.

6.2.1.2. Holz

Zur Herstellung von Braunschliff verwendet man sowohl Fichten- als auch Kiefernholz. Kiefernholz wird in besonders großem Umfange eingesetzt, da die bei der Herstellung von Weißschliff auftretenden Harzschwierigkeiten hier nicht in Erscheinung treten, weil das Harz während des Dämpfprozesses herausgelöst wird. Ein Schälen des Holzes ist ebenfalls nicht erforderlich. Es genügt, wenn das Holz geschippt wird. Infolge der Braunfärbung des Holzes durch das Dämpfen treten die dunklen Rindenreste fast gar nicht in Erscheinung und wirken sich nicht nachteilig auf die Qualität und das Aussehen der Pappe aus. Außerdem werden die beim Weißschliff entstehenden Schälverluste vermieden.

6.2.1.3. Kochen oder Dämpfen

Hier gibt es verschiedene Verfahren, und zwar

1. das Kochen mit Wasser,
2. das Dämpfen mit anschließendem Kochen,
3. das Dämpfen,
4. das Dämpfen mit anschließendem Waschen.

Zu 1: Bei diesem Verfahren wird der Kocher von vornherein mit Wasser gefüllt und dann das Holz mit bestimmtem Überdruck eine Zeitlang gekocht. Allerdings erfordert das Verfahren sehr viel Dampf und damit auch Brennstoff, weil sowohl das Wasser als auch das Holz erwärmt werden muß. Nach Angaben von *Hofmann* [17] benötigt man 123 % mehr Brennstoff als beim reinen Dämpfverfahren. Der Vorteil ist allerdings eine ausgesprochen heller Stoff. Hervorgerufen wird diese helle Färbung durch das bei der Kochung gleichzeitig durchgeführte Herauswaschen der gelösten Inkrusten.

Zu 2: Bei diesem Verfahren verfährt man so, daß man das Holz zunächst eine Zeitlang dämpft, dann das Kondensat abläßt und darauf den Kocher zu $^2/_3$ mit Wasser füllt und eine Zeitlang mit einem Überdruck von 2 at kocht. Der Dampfverbrauch liegt auch hier noch unverhältnismäßig hoch, jedoch ist der Vorteil ein heller Stoff.

Zu 3: Dieses wirtschaftliche Verfahren wird allgemein angewendet. Das Holz wird nur mit Dampf mit einem Überdruck von 4···8 at behandelt. Die Dämpfdauer schwankt in weiten Grenzen, und zwar zwischen 3 und 24 Stunden. Dämpfdruck, Dämpftemperatur und Dämpfdauer richten sich nach Holzart und -dicke. Das anfallende Kondensat wird entweder periodisch oder kontinuierlich abgeführt. Man darf auf keinen Fall schwache Hölzer genauso lange dämpfen wie dicke. Während schwache Hölzer bei zu hoher Dämpfbeanspruchung Faserschädigungen, bei Übertreibung sogar Verbrennungen ausgesetzt sind, ist es bei dicken Hölzern so, daß bei zu geringer Dämpfung das Innere des Stammes keiner Behandlung unterzogen wird und damit

kein Herauslösen der Inkrusten stattfindet. In beiden Fällen wird die Festigkeit des Stoffes mehr oder weniger negativ beeinflußt. Es ist deshalb auf jeden Fall erforderlich, daß für die verschiedenen Holzdicken die Dämpfzeit, der Druck und damit die Temperaturen festgelegt und eingehalten werden. Das soll nicht etwa heißen, daß die in die Kocher einzusetzenden Hölzer alle gleiche Zopfdicke haben müssen. Selbstverständlich kann man Zopfdicken gewisser Größenordnungen zusammenfassen. Nur ganz krasse Unterschiede, z. B. Schwankungen in Dicken zwischen 10 cm und 30 cm, müssen vermieden werden.

Zu 4: Das Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, daß das Holz zunächst, wie unter 3 geschildert, gedämpft und im Anschluß daran mit warmem Wasser nachgewaschen wird. Dieses Verfahren ähnelt den unter 1 und 2 geschilderten. Auch hier erhält man verhältnismäßig helle Stoffe.

Grundsätzlich tritt bei allen Verfahren eine mehr oder weniger starke Braunfärbung auf, die dadurch hervorgerufen wird, daß die organischen Bestandteile – und hier ganz besonders die Harze – bei den angewendeten Temperaturen eine Umwandlung in Stoffe erfahren, die diese Farbe haben. Je höher der Harzgehalt eines Holzes ist, um so dunkler ist die Braunfärbung. Selbstverständlich wird diese auch noch durch andere Faktoren, Dämpfdauer und Druck, beeinflußt. Durch das mit dem Dämpfprozeß verbundene Herauslösen der Inkrusten tritt ein Verlust ein, der sich in seiner Höhe nach Dämpfdauer und Druck richtet.

Nach Angaben von *Hofmann* [17] ergeben sich folgende Verluste bei Veränderung der obengenannten Faktoren (Tabelle 7).

Tabelle 7. Stoffausbeuten bei verschiedenen Dämpfzeiten und -drücken

Dämpfdauer in Stunden	Stoffausbeute in kg/fm bei 1,4 at Dämpfdruck	Stoffausbeute in kg/fm bei 4,3 at Dämpfdruck
0	365	365
2	358	335
4	348	295
6	—	276
8	335	274
10	—	—
12	331	268

Die nachstehend aufgeführte grafische Darstellung führt die eintretenden Verluste in Abhängigkeit von den beiden genannten Faktoren ganz klar vor Augen (Bild 17).

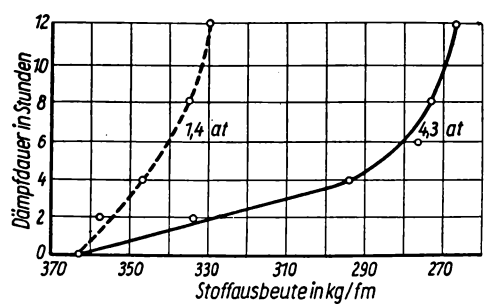


Bild 17. Stoffausbeute bei Braunschliff in Abhängigkeit von der Dämpfzeit

Aus der Tabelle und der grafischen Darstellung erkennt man, daß der Stoffverlust in den ersten Stunden schneller vonstatten geht als später. Während der Verlust bei niedrigem Druck nur 9,3 % beträgt, steigt er bei höherem Druck auf 26,5 % an. Das erklärt sich daraus, daß der Aufschluß bei höherem Druck wesentlich fortgeschrittener ist.
Das sich während des Dämpfprozesses bildende Kondensat hat stark sauren Charakter. Hierbei treten vor allem die sehr aggressiven Ameisen- und Essigsäuren stark in Erscheinung. Gerade diese organischen Säuren haben nachteiligen Einfluß auf die verwendeten Maschinen und Aggregate.

6.2.1.4. Dämpfer

Während man früher teilweise stehende zylindrische oder auch rotierende Kugelkocher verwendete, die in ihrer Raumausnutzung und auch für die Beschickung äußerst ungünstig waren, kommen heute ausschließlich liegende Holzdämpfer zur Anwendung. Moderne Holzdämpfer (Bild 18) sind mit einem Schnellverschlußdeckel ausgerüstet und werden mit Kocherwagen beschickt, in die das Holz bereits auf dem Holzplatz gestapelt wird. Man verwendet Wagen, in die Holz von 1 m, und solche, in die 2 × 1 m langes Holz gestapelt werden kann. Die Dämpfer sind mit Gleisen ausgelegt, so daß die Wagen, vom Holzplatz kommend, direkt eingefahren werden können. Dieses Verfahren ist äußerst wirtschaftlich, weil die Umtriebszeit der Dämpfer gegenüber der Handbeschickung wesentlich verkürzt wird. Außerdem kann während des Betriebes der zweite Wagensatz eingestapelt werden. Nach Beendigung des Dämpfprozesses und dem Abblasen des Dampfes ist ein Abkühlen des Dämpfers nicht notwendig, sondern man kann den Schnellverschlußdeckel sofort öffnen und die Wagen mit Diesellok ausfahren. Sofort nach dem Ausfahren wird der neue Wagenzug wieder eingesetzt. Durch diese Technologie werden bedeutend weniger Arbeitskräfte benötigt, als das bei Handbeschickung notwendig ist. Der einzige Nachteil ist der, daß bei Wagenbeschickung eine geringere Ausnützung des Kocherraumes eintritt. So rechnet man, daß die Kocherraumausnützung bei Verwendung von nur etwa 0,65 fm je m^3 Kocherraum beträgt. Trotzdem wiegen die vorher und anschließend genannten Vorteile diesen Nachteil voll auf. Hierüber gibt die Tabelle 8 Aufschluß [18].

Tabelle 8. Umtriebszeiten bei Braunholzdämpfern mit Handfüllung und Wagenbeschickung

	Handfüllung	Wagenfüllung
Füllen in min	60 ··· 90	15
Auf Druck bringen in min	60 ··· 120	60 ··· 90
Dämpfen in min	240	240
Leeren in min	60 ··· 90	15
Gesamt	420 ··· 540	330 ··· 360

Demnach dauert also ein Dämpferumtrieb bei Handbeschickung 7 bis 9 Stunden, bei Wagenfüllung nur $5^1/_2$ bis 6 Stunden. Das bedeutet, daß täglich wenigstens ein Umtrieb mehr und damit eine Mehrleistung von 25 % erreicht wird. Zum Schutz der

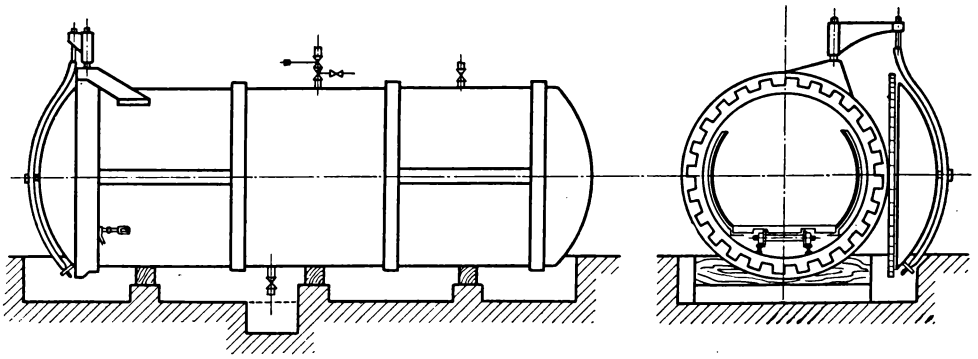


Bild 18. Braunholzdämpfer

Dämpfer vor der starken Korrosion durch Ameisen- und Essigsäure müssen sie mit einem säureunempfindlichen Material ausgekleidet sein, und zwar entweder mit 3 bis 4 mm starkem Kupferblech, VA-Material oder mit säurefesten Steinen.
Es ist falsch, bei der Auskupferung unter die angegebene Blechdicke zu gehen. Man erzielt dabei wohl eine Materialeinsparung an wertvollem Kupfer, läuft aber dafür Gefahr, daß die Auskupferung durch den Einfluß der wechselnden Dehnungen, denen die Dämpfer unterworfen sind, beschädigt werden kann. Die aggressive Säure gelangt durch die beschädigten Stellen an den schmiedeeisernen Dämpfermantel und beschädigt diesen durch Anfressungen, die zu Betriebsunsicherheit führen und bei weiterem Fortschreiten gegebenenfalls Kocherexplosionen hervorrufen. Dagegen zeigt sich bei Dämpfern mit 3···4 mm dicker Kupferauskleidung auch nach jahrelangem Gebrauch kaum ein Verschleiß.
Die Ausmauerung mit säurefesten Steinen hat den Nachteil, daß ein nicht unerheblicher Teil des nutzbaren Dämpferraumes verlorengeht, der etwa 10 % des Gesamtinhaltes beträgt. Außerdem wirken sich auch hier die auftretenden wechselnden Spannungen nachteilig auf die Dichtheit gegenüber der Dämpferwandung aus. Man ist nicht in der Lage, entstandene Beschädigungen zu erkennen, da sie meist als nicht sichtbare Haarrisse auftreten. Durch diese Risse dringen die Säuren ebenfalls bis zur Dämpferwandung vor und können diese beschädigen. Deshalb ist man schon seit geraumer Zeit genau wie bei Sulfitkochern dazu übergegangen, die Dämpfer aus plattierten Blechen herzustellen. Derartige Dämpfer haben sich in der Praxis ausgezeichnet bewährt. Um die Kocherwagen wenigstens teilweise vor Korrosion zu schützen, ist es ratsam, diese von Zeit zu Zeit mit Zementmilch zu streichen. Diese Maßnahme hat sich gut bewährt.

6.2.1.5. Schleifer

Zur Anwendung kommen die gleichen Schleifer, die zur Herstellung von weißem Holzschliff verwendet werden. Auch sie sind wegen der Ameisensäure an allen stoffberührten Stellen auszukupfern. Als Schleifersteine werden sowohl Kunst- als auch Natursteine verwendet, die den Steinqualitäten A1, A2 B und C entsprechen.
Es wird meistens kalt, höchstens aber warm geschliffen, weil der Stoff sonst zu schmierig wird. Auch soll das Holz, wenn es vom Dämpfer kommt, möglichst bald

geschliffen werden. Viel gedämpftes Holz auf Vorrat zu halten hat sich als nicht zweckmäßig erwiesen, da das Holz wieder austrocknet, was sich nachteilig auf die Stoffqualität auswirkt. Vor allen Dingen leidet die Geschmeidigkeit der Faser darunter.

Als mittlere Schleifdrücke bei modernen Schleifern können folgende Zahlen gelten:

Hydraulische Schleifer: feinster Braunschliff 0,43···0,50 kp/cm², mittelfeiner Braunschliff 0,53···0,63 kp/cm² und grober Braunschliff 0,64···0,75 kp/cm².

Stetigschleifer: feinster Braunschliff 0,80 kp/cm², mittelfeiner Braunschliff 1,00 kp/cm² und grober Braunschliff 1,20 kp/cm².

Der Kraftbedarf für 100 kg lufttrockenen Braunschliff in 24 Stunden wird für reine Schleifkraft bei hydraulischen Schleifern mit 4,2 PS und bei Stetigschleifern mit etwa 3,4 PS angegeben.

6.2.1.6. Sortierung

Bei der Sortierung ist zu beachten, daß sämtliche mit dem Stoff in Berührung kommenden Teile korrosionssicher ausgekleidet werden müssen, weil die Ameisensäure selbst bei hoher Verdünnung noch sehr aggressiv ist. Die Sortierung erfolgt in zwei Stufen, wobei man zweckmäßig in der ersten Stufe Durchflußsichter und in der zweiten Stufe Schleudersortierer verwendet. Die Sieblochung soll in der ersten Stufe bei feinstem Braunschliff 1,5···2,0 mm, bei mittelfeinem Braunschliff 1,75···2,2 mm und bei grobem Braunschliff 2,5···2,8 mm betragen. In der zweiten Stufe wählt man die Sieblochung zweckmäßigerweise etwa 0,2 mm kleiner.

6.2.1.7. Holzausbeute

Die Ausbeute ist je nach Holzart und Holzsorte verschieden und richtet sich außerdem nach der Dämpfzeit. Eine hohe Ausbeute erhält man bei Verwendung von Fichtenholz der Klassen A und B sowie durch kurze Dämpfzeiten. Dagegen liegt die Ausbeute bei C-Holz niedriger. Niedriger als bei Fichtenholz liegen die Ausbeuten auch bei Kiefernholz sowie bei hohen Dämpfzeiten. Die Ausbeuten bei den einzelnen Holzsorten und mittleren Dämpfzeiten schwanken bei Fichtenholz zwischen 250 und 265 kg/rm, bei Kiefernholz zwischen 210 und 240 kg/rm.

6.2.1.8. Nebenprodukte

Als wesentliches Nebenprodukt beim Dämpfprozeß fällt das Terpentinöl an. Man gewinnt es, indem man das Kondensat über einen Kühler leitet, es in einer Grube sammelt und dann das Terpentin, das sich an der Wasseroberfläche sammelt, abzieht. Im allgemeinen wird mit einem Terpentinölanteil von 0,6···1,0 kg/100 rm und bei frischem Holz von 1,0···2,0 kg/100 rm gerechnet.

6.2.2. Chemischer Holzschliff

Zweifellos ist das Braunschliffverfahren der Ausgangspunkt dafür gewesen, daß die Bestrebungen der Papiermacher dahin gingen, einen noch helleren und festeren Stoff

zu erhalten. Neben vielen Verfahren, die sich infolge ihrer Kompliziertheit und Unwirtschaftlichkeit nicht durchsetzten, hat sich das Verfahren der Gebrüder *Weißhuhn* längere Zeit gehalten. Nach diesem Verfahren wurde Fichtenholz im Holzdämpfer mit Natriumbisulfit vorbehandelt und aus diesem Holz ein hochwertiger, heller Braunschliff hergestellt.
Hier liegen die Anfänge für die Entwicklung des Chemischen Holzschliffes. Erst nach dem zweiten Weltkrieg wurde praktisch ein entscheidender Schritt in der Entwicklung dieses Verfahrens getan. 1950 veröffentlichten *Libby* und *O'Neil* in verschiedenen Fachzeitschriften Mitteilungen über ein neues Verfahren der „thermischen Vorbehandlung" von Laubhölzern mit einer mit Bikarbonat gepufferten Natriumsulfitlösung. Mit diesem Verfahren verfolgten sie das Ziel, aus den bisher wenig verwendeten Laubhölzern einen für die Papiererzeugung geeigneten Faserstoff zu gewinnen, der in seinen Festigkeitswerten dem Sulfitzellstoff fast gleichkommt und einen hohen Weißgehalt aufweist. Der Unterschied zum klassischen Holzschleifverfahren besteht darin, daß das Holzgewebe durch die thermo-chemische Vorbehandlung aufgelockert wird und die zwischenmolekularen Verbindungen innerhalb der Fibrillenschicht geschwächt werden. Dadurch wird die Gewinnung einer ungeschwächten und ungekürzten Faser ermöglicht. Ein weiterer nicht unbedeutender Vorteil besteht darin, daß eine Umstellung vorhandener Anlagen auf dieses Verfahren mit einem geringen Mittelaufwand durchführbar ist. Es ist zusätzlich nur eine Imprägnierungsanlage zu errichten. Alle übrigen Anlagen zum Schleifen des Holzes bleiben fast unverändert. Die Unterschiede liegen im wesentlichen lediglich im Auswechseln der Sortiersiebe gegen solche mit größerer Lochung. Ähnliche Entwicklungen wurden in der Sowjetunion, in der Tschechoslowakischen Sozialistischen Republik, in der Volksrepublik Polen und in der Deutschen Demokratischen Republik durchgeführt.
Eine Weiterentwicklung des Verfahrens in der neueren Zeit läßt die Verwendung von Hackschnitzeln zu. Dieses Verfahren ermöglicht die bessere Mechanisierung und Automatisierung des Prozesses und die Verwertung von Holzabfällen, Ast- und Reiserholz. Die Mechanisierung und Automatisierung führt zu einer verbesserten Wirtschaftlichkeit des Verfahrens und einer Erhöhung der Arbeitsproduktivität. Ein weiterer wesentlicher Vorteil ist die bessere Durchtränkung und Imprägnierung des Holzes in verhältnismäßig kurzer Zeit, wodurch die Leistungsfähigkeit der Anlage gesteigert wird. Ein Vorteil ist auch der geringe Platzbedarf der Anlagen, was sich auf den Aufwand an Investitionsmitteln positiv auswirkt.

6.2.2.1. Herstellung aus Knüppeln

Holz

Zur Herstellung des Chemischen Holzschliffes wird heute fast ausschließlich Holz von Laubbäumen, wie Birken, Aspen, Pappeln und anderen, verwendet. Das Holz soll nach Möglichkeit bereits im Walde von Bast und Rinde befreit sein. Selbstverständlich ist es auch möglich, noch verhältnismäßig frisches Holz auch in Spezialentrindungsanlagen zu entrinden.

Holzvorbereitung

Sofern eine Entrindung im Wald nicht erfolgte, muß diese durch den Verarbeiter selbst vorgenommen werden. In den letzten Jahren ist es gelungen, brauchbare Ver-

fahren zur Entrindung von Laubhölzern zu entwickeln. Bis zu diesem Zeitpunkt mußte das Holz mit einem hohen Aufwand an menschlicher Arbeitskraft und Lohn entrindet werden.

Hierbei handelt es sich um kombinierte Verfahren, die aus einer Vordämpfung des Holzes und einer anschließenden Entrindung in diskontinuierlich oder kontinuierlich arbeitenden Entrindungstrommeln bestehen. Die Anwendung solcher Verfahren ist notwendig, weil eine Entrindung von frisch geschlagenem Holz bei wirtschaftlich vertretbaren Durchlaufzeiten nicht erreichbar ist. Das hat seine Ursache darin, daß z. B. die Rinde der Pappel in frischem Zustand derartig zäh ist, daß sie sich schwer aufreißen läßt. Das ändert sich allerdings nach einer Lagerzeit von etwa 3···4 Monaten, weil in diesem Zeitraum die Rinde schrumpft und dadurch reißt. Eine Lagerung von Pappelholz in Rinde hat aber den Nachteil, daß besonders an den Stirnflächen starke graubraune Verfärbungen auftreten, die die Weiße des Faserstoffes beeinträchtigen. Fenchel [19], der eingehende Untersuchungen im großtechnischen Maßstab durchführte, weist nach, daß frisch geschlagenes Pappelholz nach einer thermischen Vorbehandlung bei 90 °C, während einer Gesamtumtriebszeit von 4,5 h, nach einer Trommelzeit von 45 Minuten in einer diskontinuierlich arbeitenden Trommel einwandfrei entrindet war. In den letzten Jahren wurde von der Firma Rauma-Repola, Finnland, eine kontinuierlich arbeitende Spezialentrindungstrommel entwickelt.

Diese Trommel wird mit einem Durchmesser von 3,85 m und Längen von 12,50 m und 20,5 m gebaut. Die Konstruktion ist dadurch gekennzeichnet, daß der Innenraum des eigentlichen Trommelkörpers aus zwei Teilen besteht. Dabei ist der erste ein geschlossener Zylinder, während der zweite mit Schlitzen versehen ist. Der geschlossene Teil dient der Vorweichung des Holzes. Im zweiten Teil findet die eigentliche Entrindung statt. Je nach der Entrindungsfähigkeit des Holzes werden maximal 750 Liter Wasser/min zugegeben. Diese Wassermenge reicht aus, um im Trommelinneren einen Wasserstand von 750 mm zu halten und dadurch das Holz genügend vorzuweichen. Das von dem geschlossenen in den geschlitzten Teil übertretende Wasser läuft durch die Schlitze in eine darunter befindliche Rinne ab. Im zweiten Teil der Trommel erfolgt die weitere Entrindung ohne Zugabe weiterer Flüssigkeitsmengen. Durch das Vorweichen wird eine gute Entrindung und Zerkleinerung der Rinde erzielt.

Kocher

Für die Imprägnierung von Rollenholz verwendet man sowohl liegende als auch stehende Kocher. Auf die liegenden Kocher wurde bereits unter Ziffer 6.2.1. eingegangen. Bild 19 zeigt einen stehenden Kocher, der am oberen Ende mit einer Fülloffnung und am unteren Ende mit einem Bodenverschluß versehen ist, der hydraulisch betätigt und verriegelt werden kann. Zur Erzielung einer guten Wärmewirtschaft sind die Kocher mit einem Heißlaugenspeicher ausgerüstet. Zur weiteren Ausrüstung der Kocher gehören eine Vakuumpumpe zum Evakuieren des Kochers und des Holzes, eine Hochdruck- und eine Umwälzpumpe. Zweckmäßig ist eine weitgehende Automatisierung durch Einbau von Ventilen, die über einen Programmregler ferngesteuert sind.

Die Füllung der stehenden Kocher erfolgt von oben. Die Entleerung wird über das Bodenventil durchgeführt. Um die bei der Füllung auftretenden Stöße zu dämpfen,

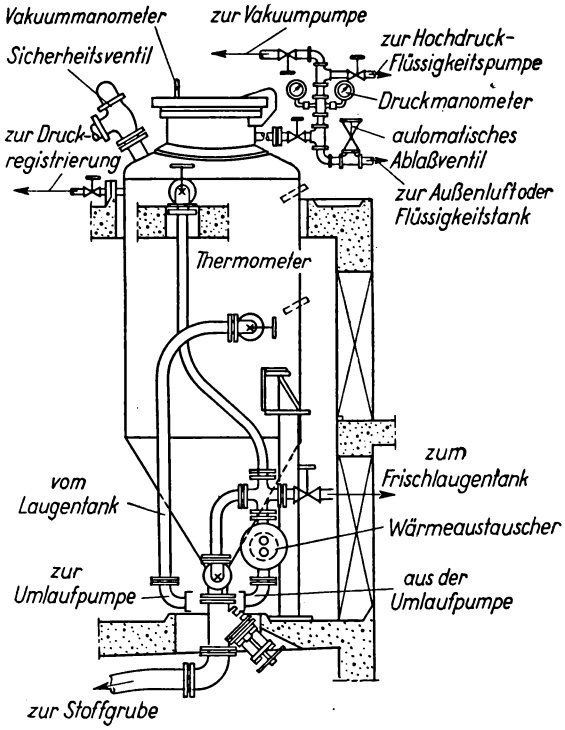


Bild 19. Stehender Kocher für die Knüppelimprägnierung

wird der Kocher zunächst mit einem Teil Wasser gefüllt, das mit zunehmender Holzmenge abgelassen wird.

Imprägnierung

Die Voraussetzung für die Gewinnung eines Faserstoffes mit hoher Festigkeit und Weiße bei weitgehender Ausnutzung der Holzsubstanz ist die thermo-chemische Vorbehandlung des Holzes und die Anwendung von Wärme und Druck.
Wie *Libby* und *O'Neil* in ihren Arbeiten festgestellt haben, eignen sich als Chemikalien, ähnlich wie beim Halbzellstoff-Verfahren, das Natriumsulfit als faserschonendes Aufschußchemikal und Natriumbikarbonat zur Pufferung. Da bei der Imprägnierung des Holzes organische Säuren frei werden, die zu Korrosionen an den Kochern führen, macht sich eine Pufferung notwendig. Die weitere Voraussetzung für ein gleichmäßiges Fasermaterial ist eine gleichmäßige und weitgehende Durchtränkung des Holzes. Sie ist bei Rollenholz nicht einfach zu erreichen und erfordert sehr hohen Zeitaufwand. Einfacher ist dieser Vorgang bei der Imprägnierung von Hackschnitzeln. Die vielseitigen Versuche und die bisherige Praxis weisen nach, daß die wirksamste Imprägnierung von Rollenholz mit Hilfe der Vakkum-Druck-Imprägnierung ermöglicht wird. Eine weitere Voraussetzung für eine gute Imprägnierung ist der richtige Feuchtigkeitsgehalt des Holzes. Deshalb verwendet man abgelagertes, lufttrockenes

Holz mit einer Restfeuchtigkeit von 15···20 %. Das Holz soll vor der Lagerung bereits von der Rinde befreit sein, damit eine gute Austrocknung erfolgen kann. Eine Imprägnierung des Holzes mit Rinde ist nicht zu empfehlen, weil dadurch der Chemikalienverbrauch nicht unbedeutend steigt und die Qualität des erzeugten chemischen Schliffes durch die noch dunkler gewordenen Rindenteilchen so herabgemindert ist, daß er für weiße Papiere und Kartons unbrauchbar ist.
Als Imprägnierlösung verwendet man eine solche aus Natriummonosulfit, das mit Natriumbikarbonat gepuffert wird. Die Konzentration der Lösung richtet sich nach der Holzart und den gewünschten Stoffqualitäten. Sie bewegt sich etwa in folgenden Grenzen: Natriummonosulfit 12···18 %, Natriumbikarbonat 4···6 %.
Die Imprägnierung geschieht nach folgender Technologie: Nach dem Füllen des Kochers erfolgt zunächst das Evakuieren des Kochers und des Holzes. Dabei muß die Luft aus dem Holz weitgehend entfernt werden. Die Evakuierungszeit beträgt etwa 30 min und ist damit als ausreichend zu betrachten. Dabei wird mit einem Vakuum von 650···700 mm Quecksilbersäule gearbeitet. Nach Abschluß der Evakuierung wird die auf 140···150 °C vorgewärmte Kochlauge aus dem Heißlaugenbehälter in den Kocher eingesaugt. Zur Beschleunigung dieses Prozesses arbeitet die Umwälzpumpe zunächst als Füllpumpe. Nach der Beendigung der Füllung wird mit der Hochdruckpumpe ein Überdruck von 8···15 at hergestellt, wobei die Höhe desselben sich ebenfalls nach Holzsorte und gewünschter Stoffqualität richtet. Während des Füllens mit Lauge und der Herstellung des Druckes saugt das Holz die Chemikalienflüssigkeit in das freie Porenvolumen. Dabei tritt eine 90···95 %ige Ausfüllung des Porenvolumens ein [20]. Die Kochtemperaturen werden bei 120···170 °C gehalten, wobei als gültiger Mittelwert 140 °C gelten kann. Die Dauer der Imprägnierung beträgt 6 h. Während dieser Zeit wird die Imprägnierlösung durch die Umwälzpumpe laufend umgewälzt. Zur Aufrechterhaltung einer gleichmäßigen Temperatur ist in die Umwälzleitung ein Wärmeaustauscher eingebaut. Nach Beendigung der Imprägnierung wird der Druck abgelassen. Die Ablauge wird in den Heißlaugenbehälter gepumpt und nach Aufstärkung für die nächste Charge wiederverwendet. Anschließend

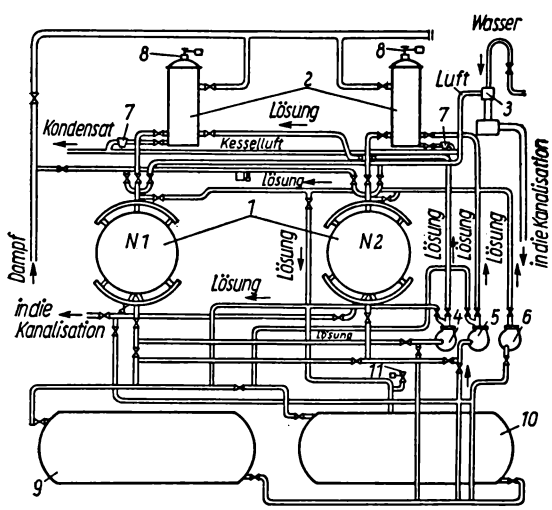


Bild 20. Schema einer Knüppelimprägnierungsanlage

(*1*) Braunholzdämpfer, (*2*) Wärmeaustauscher, (*3*) Wasserstrahlpumpe, (*4*) Umlaufpumpe für Dämpfer N 1, (*5*) Umlaufpumpe für Dämpfer N 2, (*6*) Pumpe zur Beförderung der Lösung in die Dämpfer, (*7*) Kondensatabscheider, (*8*) Sicherheitsventile, (*9*) Zisterne für die Frisch-Na-Monosulfitablauge, (*10*) Zisterne für die Monosulfitablauge, (*11*) Sicherheitsventil

erfolgt die Entleerung des Kochers. Beim liegenden Kocher werden die Wagen nach Öffnung des Schnellverschlusses ausgefahren und der Schleiferei zugeführt. Bei stehenden Kochern erfolgt die Entleerung über den Bodenverschluß direkt in die unter dem Kocher befindlichen Ableergruben. Aus diesen wird das Holz mittels Band- oder Kettenförderers abtransportiert. Ein Transport mittels Schwemmrinne ist nicht möglich, weil das Holz infolge seiner hohen Dichte nach der Imprägnierung sinkt. Bild 20 zeigt das Schema einer Imprägnierungsanlage mit liegenden Kochern im Zellstoff- und Papierkombinat Swertogorsk, UdSSR.

Verarbeitung des Holzes zu Holzschliff

Die thermo-chemische Vorbehandlung des Holzes, die eine Lockerung des Faserverbandes herbeiführt, wirkt sich durch Verminderung des Kraftaufwandes auf den Schleifprozeß günstig aus. Nach Angaben von *Sörgel* [20] sinkt der spezifische Energieaufwand gegenüber dem Weißschliffverfahren und bei Verwendung von Fichtenholz je nach Holzart auf 600···800 kWh je t Holzschliff. Dadurch ist es möglich, die Leistung der vorhandenen Schleifer zu erhöhen, wenn mit höherem Vorschub gearbeitet wird, der jetzt eine Steinschärfung erfordert, mit der sich nur ein großer Holzschliff erzeugen läßt. Bild 21 zeigt das Fabrikationsschema einer Anlage zur Herstellung von Chemischem Holzschliff. Als Schleifer verwendet man Stetig- und auch Pressenschleifer.
Der auf dem Schleifer hergestellte Stoff wird zunächst auf einem Vibrationssortierer mit einer Lochweite von 10 mm vorsortiert. Der anfallende Gutstoff wird über Waschfilter der Sortierung zugeleitet, die sich in eine zweistufige Vorsortierung und eine Feinsortierung untergliedert. Die Vorsortierung arbeitet mit Plansortierern, die Lochweiten von 6 mm und 4 mm haben. Die Feinsortierung ist mit Rundsortierern mit 1,7···1,4-mm-Lochung ausgerüstet. Der anfallende Gutstoff geht über Eindicker und von dort direkt in die Produktion. Der ausgeschiedene Grobstoff wird auf einem Plansortierer einer Nachsortierung unterzogen. Die auf dem Vibrationssortierer hinter dem Schleifer anfallenden groben Schwarten und Splitter werden einer Scheibenmühle zur Vorzerkleinerung zugeleitet. Die in den weiteren Sortierstufen anfallenden Grobstoffe werden in der Bütte gesammelt und dann gemeinsam mit den vorzerkleinerten Splittern in einem Scheibenrefiner aufbereitet und gehen dann direkt zur Vorsortierung. Der eingedickte Stoff wird in einer Vorratsbütte gesammelt und von dort entweder direkt oder über die Bleicherei zur Kartonmaschine gepumpt.

Abwasser

Die Herstellung von Chemischem Holzschliff wirft, hervorgerufen durch die thermochemische Vorbehandlung des Holzes, das Problem der Abwasserbeseitigung auf. Gegenüber dem Weißschliffverfahren treten hier die herausgelösten Bestandteile im Abwasser auf, die nicht ohne weiteres in den Vorfluter abgelassen werden dürfen. Entweder arbeitet man so, daß ein geschlossener Wasserkreislauf eingerichtet wird, d. h., daß nur so viel Frischwasser zugeführt wird, wie über den eingedickten Stoff zur Verarbeitung geht. Andernfalls muß der Weg der Eindampfung gegangen werden, der allerdings großer Dampfmengen bedarf. Dieses Verfahren erfordert sehr hohe Mittel und wirkt sich demzufolge wirtschaftlich ungünstig aus. Im erstgenannten Falle gelangen die gelösten Substanzen durch die hohe Verdünnung auf der Kartonmaschine auch mit einer hohen Verdünnung in den Vorfluter.

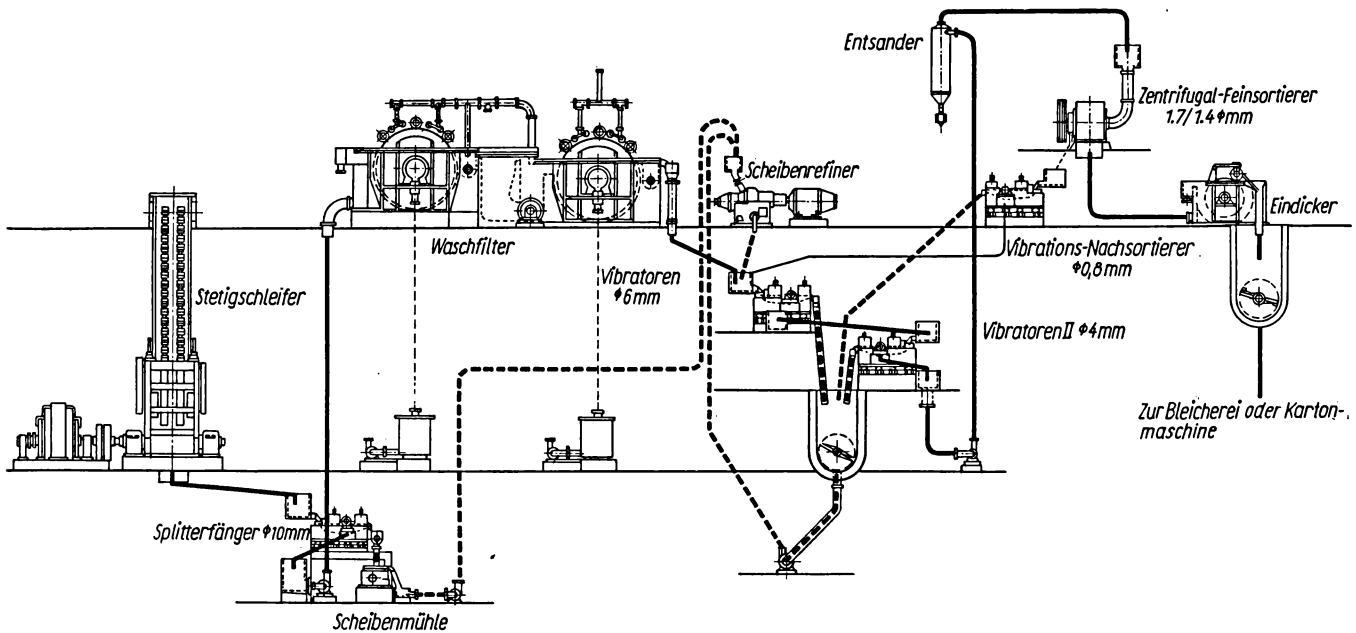


Bild 21. Schema einer Anlage zur Herstellung von Chemischem Holzschliff aus Knüppeln

6.2.2.2. Herstellung aus Hackschnitzeln

Wie bereits unter 6.2.2. erwähnt, schafft diese Weiterentwicklung neben der Möglichkeit, Holzabfälle aller Art einzusetzen, auch einen bedeutenden ökonomischen Vorteil. Allerdings ist hier die Bezeichnung „Holzschliff" nicht mehr vertretbar, weil die Technologie vollkommen von der des Holzschliffes abweicht und sich mehr der des Halbzellstoffes nähert. Man sollte deshalb besser die Bezeichnung „Schnitzel-Holzstoff" anwenden.

Hierbei hat sich bisher das Kalt-Soda-Verfahren in der Praxis gut bewährt und gute Ergebnisse gezeigt. Es soll deshalb besonders auf das „Bauerite-Verfahren" eingegangen werden, das in zwei Varianten ausgearbeitet wurde [21]. Man unterscheidet einmal das Kalt-Natron-Verfahren (cold-caustic-soda) für die Aufbereitung von Laubhölzern, das unter Anwendung von Chemikalien arbeitet, und ein weiteres, das ohne Chemikalien arbeitet. Letzteres wird zum Aufschluß von Nadelhölzern verwendet. Aus dem Bild 22 ist das Fakrikationsschema des Kalt-Natron-Verfahrens ersichtlich.

Das verwendete Laubholz wird grundsätzlich gut entrindet und auf einer normalen 10-Messer-Hackmaschine gehackt. Man legt Wert darauf, daß die Schnitzel eine gleichmäßige Länge von 10···12 mm haben, weil durch die Einhaltung dieser Abmessungen eine schnelle Durchtränkung möglich ist. Die Hackschnitzel werden in einen Silo geblasen, von dem aus sie über eine Meßvorrichtung einem Kocher von 5 m³

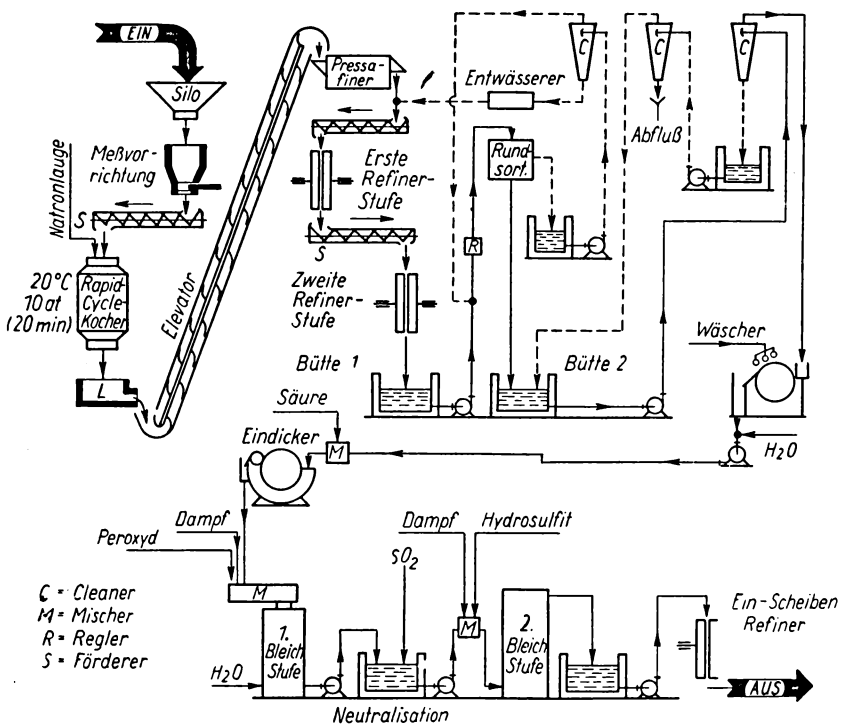


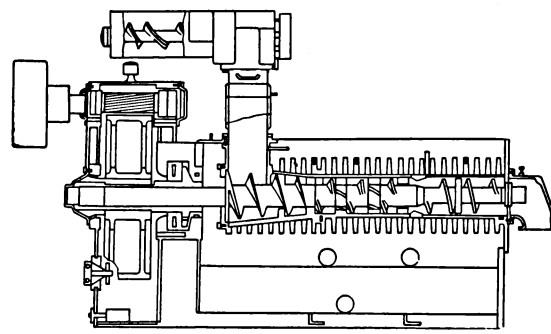
Bild 22. Fabrikationsschema des Kalt-Natron-Verfahrens

Inhalt zugeführt werden. Damit enthält eine Charge eine Menge von $190 \times 5 =$ 950 kg. Diese Holzmenge wird mit der entsprechenden Menge kalter Natronlauge (20 °C) getränkt. Nach Füllung und Schließung des Kochers wird mittels einer Hochdruckpumpe ein Druck von 10 at eingestellt, der über die Dauer von 20 min gehalten wird. Die vom Holz nicht absorbierte Lauge wird über ein Sieb aus dem Kocher abgezogen. Anschließend wird das imprägnierte Gut mit einem Überdruck von 3,5 at ausgeblasen. Während des Imprägnierprozesses nimmt das Holz etwa 2···5 % NaOH auf, bezogen auf atro Holz. Nach Abzug der überschüssigen Lauge aus dem Kocher hat der Stoff eine Konsistenz von etwa 50 %. Das Abblasen des Kochers erfolgt in eine Bütte, deren Boden aus parallel liegenden Walzen besteht.

Über einen Elevator werden die imprägnierten Schnitzel dem „Pressafiner" zugeführt. Der Pressafiner (Bild 23) ist eine kontinuierlich arbeitende Hochdruck-Schraubenpresse, die eine doppelte Aufgabe erfüllt. Auf ihr erfolgt der Entzug der Lauge aus dem Holz und gleichzeitig eine Vorzerfaserung. Dabei kann der Zerfaserungsvorgang durch Veränderung der Schnecke und die Auswechslung von Zerfaserungselementen in gewünschter Weise beeinflußt werden.

In Weiterentwicklung des Verfahrens entstand aus dem Pressafiner der „Impressafiner" (Bild 24), der eine kontinuierliche Imprägnierung der Hackschnitzel und den Wegfall des bisher verwendeten periodisch arbeitenden Kochers ermöglicht. Dadurch wurde das Verfahren vollkommen kontinuierlich gestaltet. Wie aus Bild 24 ersichtlich ist, fallen die Schnitzel durch den Einführungsschacht (1) auf die Schnecke. In der anschließenden Druckkammer, die sich bis zum Punkt (2) stark verjüngt, wird die Luft aus dem Stoff ausgepreßt. Auf der Strecke zwischen (2) und (3) erfolgt sodann der Entzug der Feuchtigkeit, und es beginnt die Zerfaserung. Sehr wesentlich ist dabei,

Bild 23. Pressafiner



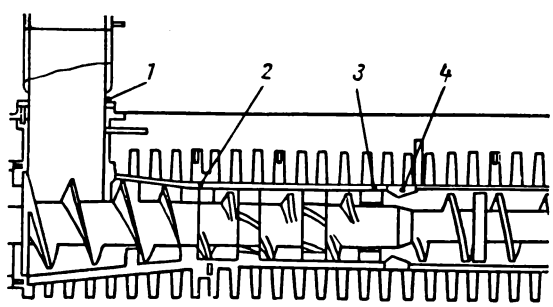


Bild 24. Impressafiner

(*1*) Zugang zur Schnecke, (*2*) Endpunkt des schnellen Druckanstiegs, (*3*) zwischen Punkt 2 und 3 Feuchtigkeitsentzug und Quetschen des Materials, (*4*) vor Punkt 4 letzte Auspressung vor Stoffaustritt in die Expansionskammer

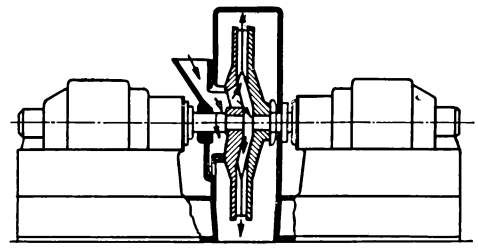


Bild 25. Doppelscheibenrefiner

daß die Zerfaserungselemente so konstruiert sind, daß keine Faserkürzung oder -schädigung auftritt. Zwischen (3) und (4) wird der Stoff nochmals stark zusammengepreßt und tritt dann bei (4) in die Expansionskammer ein. In dieser Kammer wird die Imprägnierflüssigkeit zugeführt. Durch die plötzliche Entspannung wirkt der Stoff wie ein Schwamm und saugt dabei die Lauge begierig auf. Dadurch erfolgt eine gleichmäßige und vollständige Durchtränkung des Gutes. Nach dem Austritt aus dem Pressa- oder Impressafiner wird der Stoff auf eine Konsistenz von 15 % verdünnt und mittels einer Schnecke der ersten Zerfaserungsstufe zugeführt. In dieser Stufe verwendet man Doppelscheiben-Refiner (Bild 25). Bei diesem Refinertyp werden beide Scheiben angetrieben und laufen entgegengesetzt mit 1200 min^{-1}. Der so behandelte Stoff wird ebenfalls über eine Schnecke der zweiten Refinerstufe zugeleitet, die gleichfalls mit Doppelscheiben-Refinern ausgerüstet ist. In dieser Stufe erfolgt die Zerfaserung bei einer Stoffdichte von 8 %.

Die Zerfaserung des chemisch vorbehandelten Gutes hat einen maßgebenden Einfluß auf die Güte des Faserstoffes. Dabei ist zu beachten, daß viele Komponenten bei derselben auf den Zustand des Endproduktes wirken. Dazu gehören besonders der Scheibenabstand, die Stoffdichte, die Durchsatzmenge, die Stofftemperatur und nicht zuletzt der Wirkungsgrad der Imprägnierung. *Luhde* [22] definiert die Vorgänge in der Zerfaserungszone wie folgt: „Das Mahlgut, imprägnierte oder nicht imprägnierte Hackschnitzel, wird zusammen mit Wasser zwischen die Mahlscheiben eingeführt, und zwar durch eine Öffnung an der Welle. Der Zerkleinerungsvorgang zerfällt in drei Phasen, die ohne scharfe Trennung ineinander übergehen dürften. Auf die Zerkleinerung in Einheiten von Streichholzgröße, die ohne Schwierigkeiten zwischen die Mahlscheiben schlüpfen können, folgt ein weiteres Zerfasern in noch kleinere Einheiten von der Größe brauchbarer Fasern und schließlich das Fibrillieren der Fasern."

Es ist empfehlenswert die erste Phase, d. h. das Zerkleinern auf Streichholzgröße, außerhalb des Refiners im Pressa- oder Impressafiner durchzuführen. Das hat den Vorteil einer gleichmäßigen Zuführung des Stoffes zur Zerfaserungszone. Andererseits wird dadurch die für die zweite und dritte Phase zur Verfügung stehende Fläche größer, was sich auf die Qualität des Endproduktes auswirkt. Zur besseren Kenntnis des Zerfaserungsvorganges im Scheibenrefiner sei hier noch auf die Mikrovorgänge in der Arbeitszone der Scheibenrefiner eingegangen. Man geht davon aus, daß der Abstand zwischen zwei Gegenmessern größer als Null ist und somit Schneidwirkungen nicht eintreten können. Dadurch werden die Faserbündel durch die sich nähernden Messer mehr oder weniger stark zusammengedrückt. Wie aus Bild 26 zu erkennen ist, erfolgt an der auflaufenden Seite A jedes der beiden Messer eine schlagartige Pressung. Auf der ablaufenden Seite B dagegen besteht das Bestreben zur Rückbildung in den ursprünglichen Zustand. Durch die zwischen den Messern und den Holzschnitzeln

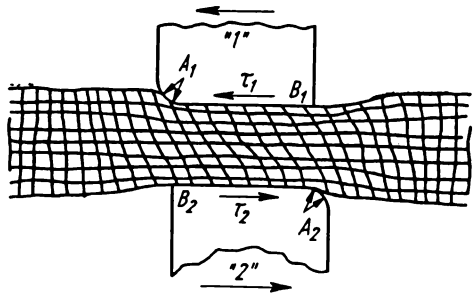


Bild 26. Vorgänge bei der Zerlegung von Faserbündeln zwischen zwei Refinermessern

auftretende Reibung und den an der auflaufenden Seite eintretenden Widerstand der Messer gegen das Holz werden an den Grenzflächen entgegengesetzt wirkende Scherkräfte τ_1 und τ_2 entwickelt, die bei genügender Größe die einzelnen Schichten der Faserbündel gegeneinander abscheren. Wird dagegen der Messerabstand auf Null verringert, tritt ein unerwünschtes Schneiden der Fasern ein. Daraus ergeben sich Faserkürzungen und damit Festigkeitsverluste. Der zerfaserte Stoff wird zunächst einer Bütte zugeführt und dort auf 4 % verdünnt. Über einen Stoffdichteregler wird der Stoff dann einem Cowan-Sortierer zugepumpt. Der anfallende Gutstoff wird in einer Centri-Cleaner-Anlage feingereinigt. Der Grobstoff wird einem gesonderten Centri-Cleaner zu geführt und hier von Splittern befreit. Während der anfallende Gutstoff in den Stofflauf vor dem Cowan-Sortierer eingeleitet wird, dickt man den ausgeschiedenen Splitterstoff ein und führt ihn dann der ersten Mahlstufe zu. Im Anschluß an die erste Centri-Cleaner-Anlage gelangt der Gutstoff auf eine zweistufige Zellenfilterwäsche, die er mit einem Weißgrad von 47 % General Electrik verläßt. Nach der Wäsche erfolgt eine Verdünnung des Stoffes und in einem Mischer eine Absäuerung mit 2 % H_2SO_4 auf pH 2,5 bis 3. Auf dem nachgeschalteten Eindicker erfolgt sodann eine Konsistenzerhöhung auf 14 %. Der eingedickte Stoff gelangt nun auf einen Mischer, in dem er auf 82 °C erwärmt und eine Peroxid-Bleichlösung zugegeben wird. Diese Bleichlösung hat eine Zusammensetzung aus 1,5 % Natriumperoxid, 0,2 bis 0,6 % Wasserstoffperoxid (100 %ig), 5 % Silikat und 0,05 % Magnesiumsulfat oder Tripolyphosphat $Na_5P_3O_{10}$. Von diesem Mischer gelangt der Stoff in einen Turm, in dem er etwa 1,5 Stunden bei 12 % Stoffdichte belassen wird. Hier erreicht er einen Weißgehalt von etwa 75 % GE. Am Ausgang des Turmes erfolgt eine Verdünnung mit Wasser auf 4···5 % und die Neutralisation mit SO_2 bis pH 6. Nach Aufwärmung auf 60 °C wird der Stoff in einen Mischer gepumpt und hier mit 1,5 % Hydrosulfit vermischt. Diesem Mischer folgt der zweite Bleichturm mit einer Verweilzeit von 1 Stunde bei 4···5 % Stoffdichte. Die Stoffbewegung erfolgt in diesem Turm von unten nach oben. Der bis auf 78 % GEB (General Elektrik Brigthness) gebleichte Stoff wird am Turm oben abgezogen und einer Stapelbütte zugeführt. Dieser Stapelbütte ist ein Einscheiben-Refiner nachgeschaltet, in dem nunmehr eine Mahlung des Stoffes stattfindet. Dieser Refiner arbeitet mit 430···720 min^{-1}, die entsprechend den gewünschten Festigkeiten eingestellt werden können. Mit einem Endmahlungsgrad von 60 °SR geht der Stoff dann zur Maschinenbütte. Nach Angaben von *Kraft* [23] wird aus gemischtem Laubholz (Buche, Birke, Ahorn) Kaltsoda-Zellstoff sogar mit einem Weißgehalt von 80 % GEB erzeugt. Der Chemikalienverbrauch ist sehr gering.

Tabelle 9. Kaltsoda-Zellstoff – Bleichmittelverbrauch

Stufe	Reaktion	Bleichmittel (lufttr.)	Verbrauch in %
0	Absäuerung	H_2SO_4	2,4
1	Vorbleiche	Na_2SiO_3	5,6
		Na_2O_2	1,3
		H_2O_2	0,8
1a	Neutralisation	SO_2	1,1
2	Nachbleiche	$Na_2S_2O_4$	1,1

Tabelle 10. Die Entwicklung des Bleichgrades in den einzelnen Stufen bei der Kaltsoda-Stoffbleiche

Stufe	Bleichmittel	GEB
0	Ungebleicht	45
1	Peroxid	73···75
2	Hydrosulfit	78···80

Sofern nur Weißgehalte von höchstens etwa 62 GEB gefordert werden, kommt man nach neuesten Erkenntnissen ohne besondere Bleichanlage aus. Wie aus Bild 27 ersichtlich ist, wird dem Stoff vor der ersten Zerfaserungsstufe eine Peroxidlösung mit 2,5 % H_2O_2 (50 %ig), 5 % Na_2SiO_3 und 0,47 % NaOH, bezogen auf atro Stoff, zugegeben. Zur Förderung des Bleichprozesses nützt man die hohe Stoffdichte aus, die hier mit 15 % angewendet wird. Weiterhin wird der Bleichprozeß durch die Wärme unterstützt, die sich beim Mahlen entwickelt. Die Temperaturen liegen bei etwa 74 bis 100 °C. Es wird allerdings empfohlen, auf die Einstellung des richtigen pH-Wertes besonders zu achten und in einer Bütte nach dem zweiten Refiner eine Nachreaktionszeit von 15···60 min zu gewährleisten. Das für Nadelhölzer anwendbare Verfahren, das ohne Chemikalienzusatz arbeitet, wird nur als Schema (Bild 28) ohne nähere Erläuterung gezeigt, da das Prinzip das gleiche ist.

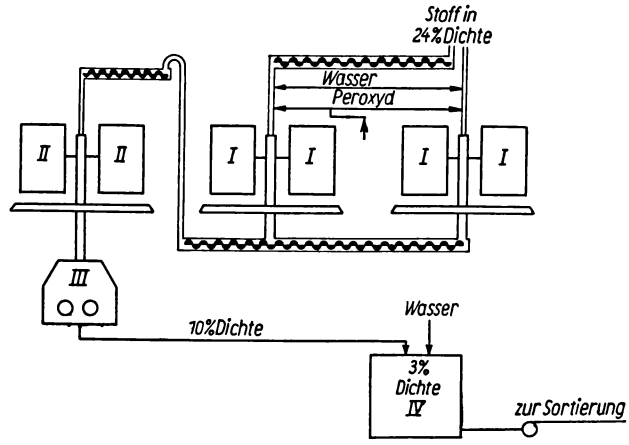


Bild 27. Schema einer Refinerbleiche
(*I*) Refinerstufe 1,
(*II*) Refinerstufe 2,
(*III*) Stoffsammelbehälter,
(*IV*) Stoffverdünnung

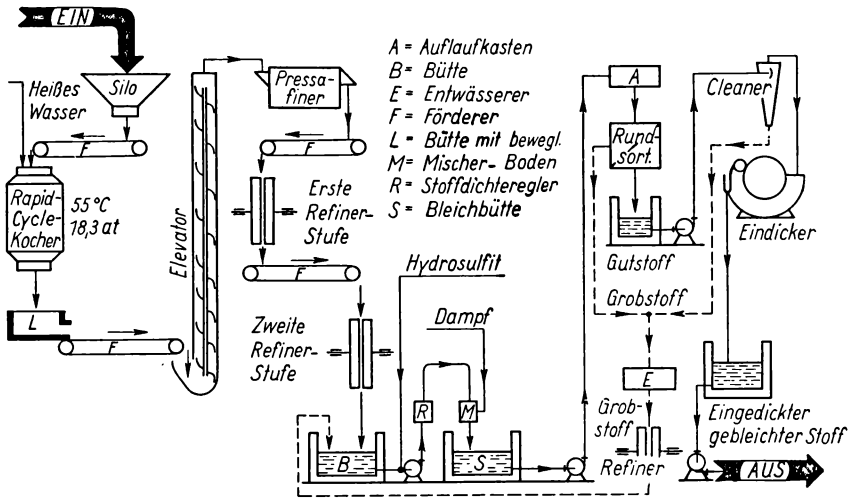


Bild 28. Fabrikationsschema des Kaltaufschlusses ohne Chemikalien

6.2.3. Halbzellstoff-Verfahren

6.2.3.1. Definition des Begriffes und des Verfahrens

Runkel [24] definiert den Begriff „Halbzellstoff" wie folgt: „Halbzellstoff bedeutet die Gesamtheit der aus zellulosehaltigen Rohstoffen in hoher Ausbeute erzeugten Faserprodukte, die aus einem zweistufigen, halbchemischen, halbmechanischen Aufschlußverfahren gewonnen wurden, an das sich gegebenenfalls ein Bleichvorgang anschließen kann. Das Halbzellstoff-Verfahren besteht in einer milden chemischen Behandlung, z. B. mit sauren, neutralen oder alkalischen Sulfitlösungen oder Alkalien wie Natronlauge, Soda, Schwefelnatrium, zur Erweichung der Holzsubstanz unter teilweiser Herauslösung von Lignin und Hemizellulosen, der mit dem Ziel einer höchstmöglichen und schonenden Fasertrennung eine mechanische Bearbeitung folgt."
Damit ist eine klare Unterscheidung zu den klassischen Zellstoffverfahren gegeben. Während es bei diesen darauf ankommt, das Lignin weitestgehend herauszulösen und damit die Voraussetzungen für eine leichte Zerfaserbarkeit und Bleiche zu schaffen, ist es der Zweck des Halbzellstoff-Verfahrens, Lignin und Hemizellulosen nur so weit zu lösen, daß die Faserbündel mit mechanischen Hilfsmitteln gut defibriert werden können, ohne dabei die Fasern zu schädigen. Dabei liegt der Schwerpunkt auf dem Herauslösen eines möglichst hohen Lignin- und eines geringen Hemizelluloseanteils.
Zusammenfassend betrachtet ist also festzustellen, daß das Halbzellstoff-Verfahren wesentliche wirtschaftliche Vorteile bietet, die in den verhältnismäßig geringen Anlagekosten liegen. Zum anderen arbeitet das Verfahren kontinuierlich und läßt sich demzufolge leicht und umfassend automatisieren. Dadurch ergibt sich ein geringer Anteil an menschlicher Arbeitskraft, was sich auf Arbeitsproduktivität und Selbstkosten positiv auswirkt. Der dritte Vorteil liegt in der Möglichkeit des Aufschlusses von Laubhölzern, Holzabfällen und auch Ast- und Reiserholz zu einem hochwertigen

Fasermaterial für die Herstellung von Papier, Karton und Pappen. Ein sehr bedeutender volkswirtschaftlicher Nutzen ergibt sich aus der hohen Ausnutzung der Holzsubstanz. Ein Nachteil dieses Verfahrens ist das zur Zeit noch nicht vollkommen gelöste Problem der Regenerierung der Ablaugen.

6.2.3.2. Entwicklung der Produktion von Halbzellstoff und des Halbzellstoff-Verfahrens

Seit Mitte des vorigen Jahrhunderts ist die Erzeugung von Gelbstrohstoff in der Industrie eingeführt. Die Behandlung des gehäckselten Getreidestrohes mit Kalkmilch unter Druck führte trotz der hohen Ausbeute von 70 % und darüber hinaus dazu, daß sich der Rohstoff gut zerfasern ließ. Die Ergebnisse dieses Verfahrens führten zu Versuchsarbeiten unter Verwendung von Hackschnitzeln mit dem Ziel, eine möglichst hohe Ausnutzung der Holzsubstanz zu erreichen und einen gut verwendbaren Faserstoff zu gewinnen. Bereits zu dieser Zeit war auch das Natriumsulfit als ein Aufschlußmittel bekannt, das sehr schonend und mild wirkte. Bei den umfangreichen Versuchen mit Natriumsulfit zeigte sich aber eine sehr starke Korrosion bei den normalen Kochern, die über keine säurefeste Auskleidung verfügten. Bei der Untersuchung der Gründe stellte sich heraus, daß diese starke Korrosion von den organischen Säuren herrührt, die sich während des Kochprozesses bilden. Auf der Suche nach Mitteln zur Verhinderung der Korrosion erwies sich, daß Natriumbikarbonat und Natriumkarbonat hierfür geeignet sind.
In Fortführung der Versuche ergab sich dann, daß mit Hilfe von Natriumsulfit, das mit Natriumkarbonat oder -bikarbonat gepuffert war, unter Einhaltung einer be-

Tabelle 11. Halbzellstoffproduktion in Europa und in der Welt in t/d [25]

Land	1955	1960 bis 1961	1963 bis 1965
Schweden	—	300 (2,6)	400 (2,2)
Finnland	90 (1,0)	135 (1,6)	425 (4,8)
Norwegen	15 (0,4)	65 (2,8)	250 (5,1)
Frankreich	125 (5,0)	200 (10,0)	250+
Italien	—	150 (12,5)	200+
Schweiz	—	40 (1,8)	130
Österreich	—	25	50+
Dänemark	15	20	100
Großbritannien	—	65	100
SFR Jugoslawien	—	50 (13,7)	150+
Westdeutschland	50 (1,5)	100+ (3,8)	150+
DDR	—	12	12
Übrige	—	—	300
etwa	300 (0,7)	1200 (2,2)	2500 (4,2)
USA	4500 (7,2)	6000 (7,5)	7500+
Japan	160 (62,5)	600 (610,0)	1000+
UdSSR	—	—	5000
Welt etwa	5000 (3,3)	8000 (4,5)	16000 (10,0)

+ geschätzt

stimmten Chemikalienkonzentration, Kochdauer, Druck und Temperatur ein Aufschlußgrad erreichbar ist, bei dem sich die Hackschnitzel mechanisch gut zerfasern lassen und gute Festigkeitswerte aufweisen. Darüber hinaus wurden weitere Verfahren entwickelt, die sich mit dem Aufschluß im alkalischen Medium mit Wasser und Wasserdampf und saurem Sulfit befaßten. Zweifellos ist heute zu erkennen, daß sich das Natrium-Sulfit-Verfahren vollkommen durchgesetzt hat.
Betrachtet man die Produktionsentwicklung im Weltmaßstab, so kann man feststellen, daß das Halbzellstoff-Verfahren eine bedeutende Entwicklung genommen hat, die bei weitem noch nicht abgeschlossen ist. Außerdem ist Halbzellstoff heute nicht mehr nur ein Wellpappenrohstoff, sondern er hat sich infolge seiner guten Eigenschaften und auch Bleichbarkeit sehr große Einsatzgebiete erobert.
Während in den USA bereits 1945 Tagesleistungen von 925 t erreicht wurden, lag die Produktion in Europa bis zum Jahre 1955 erst bei etwa 300 t/d. Vorstehende Tabelle [25] gibt einen Überblick über die Entwicklung der Tagesproduktion an Halbzellstoff in den Jahren von 1955 bis 1960/61 sowie einen Ausblick auf die Jahre 1963 bis 1965. Die in Klammern gesetzten Zahlen bedeuten den Anteil des Halbzellstoffes in % an der Gesamtproduktion.
Die Tabelle zeigt sehr deutlich, daß Länder wie Italien, Frankreich, die Schweiz und die Sozialistische Föderative Republik Jugoslawien einen verhältnismäßig hohen Anteil an Halbzellstoffen haben. Das resultiert zweifellos aus dem Bestreben, den Rohstoffbedarf für die Papier- und Pappenerzeugung möglichst aus eigenen Rohstoffquellen zu decken.

6.2.3.3. Rohstoffe

Als Rohstoffe eignen sich sowohl Hölzer als auch Einjahrpflanzen. Von den Holzarten kommen vor allen Dingen Laubhölzer, wie Buche, Birke, Aspe und Pappel, in Frage. In den USA und in Frankreich verwendet man weiterhin neben vielen anderen Laubholzarten auch Kastanienholz und extrahiertes Eichenholz.
Von größter wirtschaftlicher Bedeutung ist auch die Verwendung von Durchforstungs-, Ast- und Wipfelhölzern der verschiedenen Holzarten, weil es mit diesem Verfahren möglich ist, aus diesem Material einen qualitativ guten Faserstoff zu gewinnen. Neben den Hölzern werden aber auch Einjahrpfanzen, wie Schilf (arundo donax), Espartogras und andere, zur Herstellung verwendet.
Man kennt einmal das diskontinuierliche Verfahren, das unter Verwendung von Kugel- oder Sturzkochern arbeitet. Da das nicht den Gesichtspunkten einer modernen Technologie entspricht, ist es nur noch sehr selten zu finden. Bei einer modernen Technologie, wie sie das kontinuierliche Verfahren darstellt, kommt es darauf an, mit einer möglichst vollautomatisierten Anlage unter Einsatz der geringsten Anzahl von Menschen eine hohe Tagesproduktion zu erreichen.

6.2.3.4. Technologie moderner Halbzellstoff-Verfahren

Vorbereitung des Holzes

Entrinden des Holzes. Die heute teilweise noch angewendete Art der Handentrindung, die meist im Walde erfolgt, ist infolge ihres hohen Arbeitskräfteaufwandes und der damit verbundenen mangelhaften Wirtschaftlichkeit nicht mehr vertretbar. Es macht

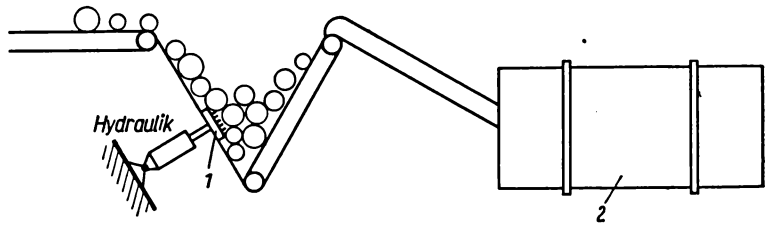


Bild 29. Schema einer 2stufigen Laubholzentrindung
(*1*) Vorreißer, (*2*) Entrindungstrommel

sich deshalb notwendig, auf maschinelle Verfahren überzugehen. Die bei Nadelhölzern angewendete Naßentrindung läßt sich infolge der Struktur der Rinde des Laubholzes nicht ohne weiteres durchführen. Deshalb wendet man heute ein kombiniertes Verfahren an, mit dem es möglich ist, auch Laubholz mechanisch zu entrinden. Im Bild 29 wird das Schema einer zweistufigen Laubholz-Entrindungsanlage erläutert. Zum Einsatz kommt grundsätzlich frisches Holz, wie es aus dem Walde angeliefert wird. In der ersten Phase durchläuft das Holz einen Vorreißer, in dem die Rinde mit Hilfe einer mit Stiften besetzten Scheibe aufgerissen und bereits weitgehend gelöst wird. Durch die auftretende gegenseitige Reibung der Knüppel tritt auch bereits ein Ablösen der Rinde ein. Dieser Arbeitsgang erfolgt unter Zugabe von Wasser. Durch ein Transportband wird das vorbehandelte Holz anschließend in eine normale Naßentrindungstrommel gefördert, in der die noch anhaftende Rinde abgelöst wird.
Hacken des Holzes. Das Hacken erfolgt in herkömmlichen Hackmaschinen, auch in 10-Messer-Hackmaschinen. Um eine vollständige Durchdringung mit den Aufschlußchemikalien zu erreichen und dadurch einen gleichmäßigen Aufschluß zu erzielen, ist auf möglichst gleichmäßige Schnitzelqualität zu achten. Als zweckmäßig hat sich eine Schnitzellänge von 12 bis 15 mm erwiesen.

Aufschlußprozeß

Chemischer Prozeß. Die Aufschlußflüssigkeit wird entsprechend der gewünschten Stoffqualität und den Festigkeitseigenschaften in Abhängigkeit von der Holzsorte mit einem Natriumsulfit-Anteil (Na_2SO_3) von 8···24 % hergestellt. Das heißt, daß bei der Herstellung von Pappenhalbstoffen mit niedrigeren Konzentrationen gearbeitet werden kann, als das besonders bei bleichbaren Qualitäten der Fall ist. Als Pufferreagens zur Neutralisation der bei der Kochung freiwerdenden organischen Säuren wird im allgemeinen Natriumkarbonat oder auch Natriumbikarbonat verwendet. Der Anteil ist nach *Riese* für die einzelnen Holzsorten unterschiedlich. Er beträgt bei Pappelholz etwa 4 % und bei Buche und Birke etwa 7 %, bezogen auf atro Holz.
Für den Aufschluß verwendet man heute in großem Umfange eine Aufschlußanlage nach dem „Pandia-System". Bild 30 zeigt einen Schnitt durch den Teil der Anlage, in dem der thermo-chemische Prozeß vollzogen wird. Die Hackschnitzel werden dem Rohrsystem kontinuierlich zugeführt. Dabei erfolgt gleichzeitig die Zugabe der Aufschlußflüssigkeit und des Dampfes. Die Anlage besteht weiter je nach dem gewünschten Aufschlußgrad und der geforderten Durchsatzmenge aus 6 bis 8 Aufschlußrohren, von denen jedes eine Länge von 5···9 m und einen Durchmesser von 600···1000 mm hat. Die einzelnen Rohre, in denen das aufzuschließende Material und die Aufschluß-

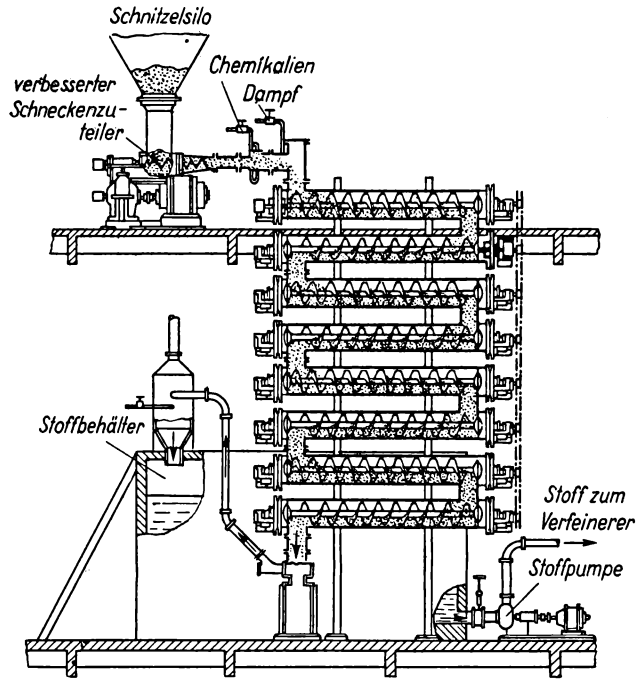


Bild 30. Schema eines Chemiepulpers

flüssigkeit mittels Schnecken befördert werden, sind untereinander verbunden. Dadurch ist ein reibungsloser Übergang von einem Rohr zum anderen gegeben. Der Austrag des vorbehandelten Materials erfolgt mittels Stofftreibers über einen Entspanner in einen Stoffbehälter. Aus diesem wird der Stoff durch eine Pumpe der mechanischen Zerfaserung zugeführt.

Mechanischer Prozeß. Wie bereits erwähnt, tritt durch die chemische Vorbehandlung der Hackschnitzel unter Druck und Temperatur nur eine Lockerung des Faserverbandes ein, die so weit getrieben sein muß, daß eine faserschonende Trennung in die einzelnen Fasern möglich ist. Von dem Grad der Lockerung hängen sowohl die Leistung der Zerfaserungsmaschine als auch die Qualität des Endproduktes ab.

Für die Zerfaserung haben sich Scheibenrefiner der verschiedensten Konstruktionen sehr gut bewährt. Dabei verwendet man hauptsächlich zwei Systeme, und zwar den einfach und den doppelt rotierenden Scheibenrefiner (siehe hierzu auch Bild 25).

Aus dem Stoffbehälter des chemischen Teiles der Aufschlußanlage wird das heiße Schnitzel-Laugen-Gemisch dem Refiner zur Zerfaserung zugeführt. Dabei ist es vorteilhaft, wenn das Gemisch eine Temperatur von etwa 85···90 °C und eine Konsistenz von etwa 10 % hat. Durch diesen Zustand wird eine schonende Zerfaserung des Materials ohne wesentliche Erhöhung des Mahlungsgrades erzielt. Es ist außerdem allgemein üblich, nur eine einstufige Zerfaserung anzuwenden. Nach dem Zerfaserungsprozeß gelangt der Stoff in eine Sammelbütte, aus der er durch eine Pumpe zur Vakuumwäsche gefördert wird. Nach der Wäsche geht der Stoff wiederum in eine Bütte, aus der er der weiteren Verarbeitung zugeführt wird.

Sortierung. Das Sortieren ist ein sehr wichtiger Arbeitsgang bei der Herstellung von Halbzellstoffen. Da man die Äste bei diesem Verfahren nicht aussortieren kann, gelangen diese mit in den Refiner und werden dort zerschlagen. Außerdem sind die Äste besonders bei den Laubhölzern die Ursache für feinen Schmutz, der die Farbe des Endproduktes beeinträchtigt. Die zerschlagenen Äste und der Schmutz lassen sich aber mit den bekannten Rund- und Plansortierern nicht aussortieren. Man schaltet deshalb für die Sortierung von Halbzellstoffen den Plan- oder Rundsortierern Centricleaner nach, die nach dem Wirbelprinzip arbeiten. Die Stoffdichte beträgt bei diesen Sortierern 0,2 % bis max. 1 %. Dabei ist die Trennschärfe so groß, daß nicht nur die Unterschiede der Dichte, sondern auch der spezifischen Oberfläche erfaßt werden. Das hat den Vorteil, daß auch die spezifisch sehr leichten Teilchen aussortiert werden können. Um den Sortier- und Reinigungsvorgang möglichst wirksam zu gestalten, schaltet man meist mehrere Stufen hintereinander. Diese intensive Sortierung macht sich besonders dort erforderlich, wo es auf eine hohe Reinheit des Stoffes ankommt und gegebenenfalls eine Bleiche des Stoffes vorgesehen ist. Der sortierte Stoff wird anschließend auf Eindickern entwässert und in einer Bütte gestapelt.

Festigkeitseigenschaften

Die mit modernen Halbzellstoff-Verfahren hergestellten Stoffe erreichen ohne Schwierigkeiten die Festigkeitseigenschaften von Sulfitzellstoffen und überbieten diese in den meisten Fällen beträchtlich. Als Beweis hierfür mögen die in nachstehender Tabelle aufgeführten Vergleichswerte dienen [26].

Tabelle 12. Vergleich der Festigkeitseigenschaften zwischen gebleichtem Nadelholz-Sulfitzellstoff und gebleichtem Laubholz-NSSC-Stoffen

Gebleichter Fichten-Sulfitzellstoff		Gebleichter NSSC-Stoff				
		Buche		Pappel		Birke
Mahlgrad SR	etwa 20	20	50	30	50	35
Reißlänge in m	6000 ··· 7000	6500	9000	10000	12000	8500
Berstfestigkeit in kp/cm²	2,5 ··· 3,0	2,8	5,0	5,5	7,0	4,5
Doppelfalzungen	500 ··· 1000	100	600	2000	5500	650

6.2.3.5. Weitere Halbzellstoff-Verfahren

Außer dem bisher erwähnten Pandia-Verfahren soll anschließend noch auf zwei andere kontinuierliche Systeme eingegangen werden. Bild 31 zeigt das Schema des „Masing-Durk-Pulpers". Wie aus der Zeichnung zu ersehen ist, erfolgt die Hackschnitzelzuteilung durch ein Zellenrad. In dem geschlossenen, senkrecht stehenden Rohrsystem läuft eine Mitnehmerkette, die das Schnitzel-Laugen-Gemisch durch das Rohr bis zum Scheibenrefiner fördert. Die Leistung der Anlage wird mit 80 t/d bei einer Schnitzelmenge von 0,28 m³/min und einer Kochzeit von 27 min angegeben.
Ein anderes Verfahren ist im Bild 32 dargestellt. Es handelt sich hierbei um das „Va-Purge-Verfahren". Wie aus dem im Bild dargestellten Schema ersichtlich ist, besteht

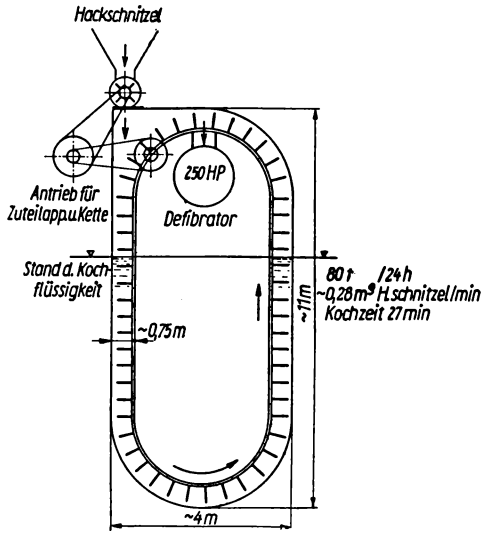


Bild 31. Masing-Durk-Pulper

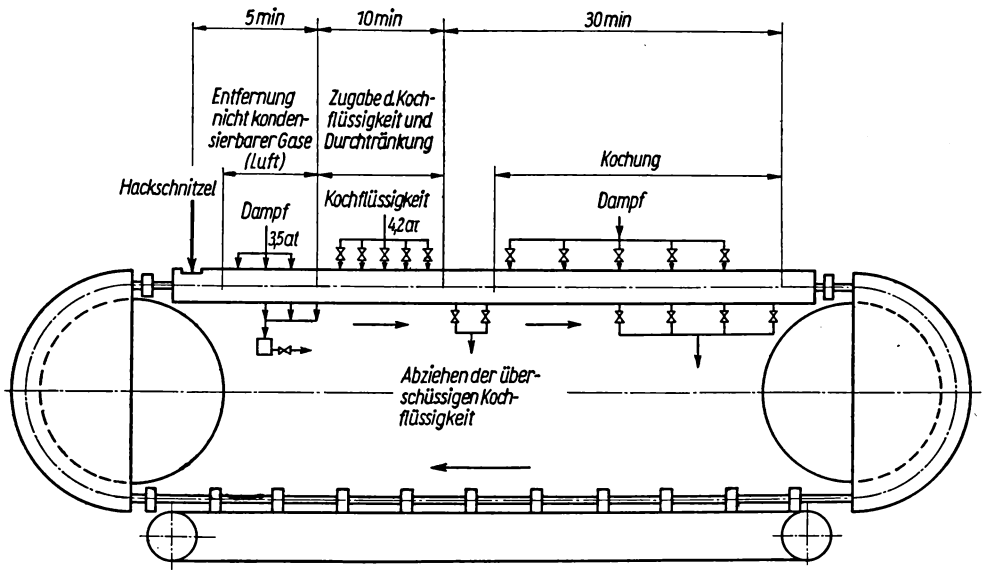


Bild 32. Schema des Va-Purge-Verfahrens

diese Anlage aus einem waagerechten Rohr. In diesem Rohr befindet sich eine Zugvorrichtung, auf der in gleichmäßigen Abständen Kolben angebracht sind. Die Einschleusung der Hackschnitzel erfolgt in den Zwischenräumen zwischen den Kolben drucklos. Das besondere Kennzeichen des Verfahrens ist die Anwendung einer Druckpulsation. Durch die kurz aufeinander folgenden Dampfstöße wird die Luft aus den

Schnitzeln gedrückt und diese dadurch für eine schnelle Tränkung vorbereitet. In einer weiteren Phase erfolgt das Besprühen mit Kochflüssigkeit unter Druck. Nach der Imprägnierung wird die überschüssige Lauge abgezogen. Das bedeutet, daß die nun anschließende Kochung in der Dampfphase erfolgen kann. Das ist insofern von Vorteil, als durch die geringere zu erwärmende Laugenmenge eine Dampfersparnis eintritt und weiterhin auch ein wirkungsvollerer Aufschluß erreicht wird.

6.2.3.6. Ablaugenverwertung bei den Halbzellstoff-Verfahren

Um das Verfahren wirtschaftlicher zu gestalten und auch den berechtigten Forderungen der Wasserwirtschaft gerecht zu werden, ist den Fragen der Regenerierung der Ablaugen besondere Beachtung zu schenken. Bekanntlich haben Halbzellstoffablaugen infolge des nicht so weit getriebenen Aufschlusses wie beim klassischen Verfahren einen geringeren Gehalt an Holzsubstanz. Während beim klassischen Verfahren der Anteil der Holzsubstanz in der Ablauge etwa 50 % beträgt, sind es beim Halbzellstoff nur etwa 25 %. Um zu einer wirtschaftlichen Verwertung zu kommen, kann der Weg der mehrmaligen Verwendung der Ablauge unter jeweiliger Wiederaufstärkung nach der Kochung nicht unendlich beschritten werden. Nach Angaben von *Runkel* [27] erreichen die Dichte und die Menge des Gelösten nach zehnmaliger Verwendung ein Maximum.
Die einfachste Lösung ist zweifellos die Verbrennung der Ablauge gemeinsam mit der einer Sulfatfabrik. Das bedeutet aber, daß die Halbzellstoff-Anlage unmittelbar mit dem Sulfatwerk gekoppelt sein muß. Darüber hinaus gibt es eine ganze Reihe von Verfahren zur Lösung des Regenerierungs-Problems, von denen zweifellos das in den letzten Jahren entwickelte Verfahren des Institutes für Zellstoff und Papier der Deutschen Demokratischen Republik, das mit einer Karbonisierung arbeitet, das bisher am zweckmäßigsten gelöste sein dürfte.

6.3. Gelbstrohstoff

Gelber Strohstoff wird vorrangig aus Roggen- und Weizenstroh hergestellt. In Ländern, in denen ein entsprechendes Aufkommen vorhanden ist, verwendet man ebenfalls das Reisstroh hierzu. Die Verwertung des Getreidestrohes zur Gewinnung von Papier- und Pappenhalbstoffen ist verhältnismäßig alt. Bereits 1765 unternahm Dr. *I. C. Schäffer* in Regensburg Versuche, Getreidestroh zu Faserhalbstoff aufzulösen. Zu diesem Zweck schnitt er Getreidestroh, tauchte es in heißes Wasser und stampfte es anschließend. Die so behandelte Masse ließ er einige Stunden in Kalkmilch durchweichen. Nach Entfernung der Kalkmilch wurde die Masse erneut in einem Trog gestampft und in etwa einer Stunde zu einem verwertbaren Faserhalbstoff aufgelöst. Bereits 1800 wurden durch den Engländer *Koops* große Mengen gelben Strohstoffes in der oben geschilderten Weise hergestellt. Aber erst mit der Erfindung der Papiermaschine war es möglich, gelben Strohstoff zur Papier- und Pappenherstellung zu verwenden. Vor dem Aufkommen der Holzpappenherstellung und der umfangreicheren Verwertung von Altpapier fand Stroh in sehr umfangreichem Maße Verwendung bei der Papier- und Pappenherstellung.
Man unterscheidet bei der Herstellung von gelbem Strohstoff zwei Verfahren. Das eine ist das klassische Verfahren, das unter Verwendung von Kochern und mit Kalk-

milch als Aufschlußchemikal arbeitet. Das neuere Verfahren ist ein kontinuierliches Verfahren, das insofern große Vorteile hat, als sich mit ihm bei einem geringen Aufwand an menschlicher Arbeitskraft auf kleiner Produktionsfläche in kurzer Zeit qualitativ hochwertige Faserhalbstoffe herstellen lassen. Für dieses Verfahren verwendet man Natronlauge als Aufschlußchemikal.

6.3.1. Strohvorbereitung

Wenn auch eine vollständige Reinigung des Häcksels nicht so vordringlich wie bei der Erzeugung von Strohzellstoff ist, so ist es doch für die Qualität des Enderzeugnisses und den Produktionsprozeß zweckmäßig, eine gewisse Reinigung durchzuführen.
Das Stroh wird vorrangig in Ballen angeliefert und in dieser Form der Häckselanlage zugeführt. Auf der Häckselmaschine wird es auf etwa 30···40 mm Länge geschnitten. Eine moderne Häckselmaschine leistet etwa bis zu 1000···10000 kg Häcksel in der Stunde. Der geschnittene Häcksel wird mittels Exhaustors zunächst einem Entstaubungsapparat oder einer Entstaubungskammer zugeführt. Hier wird der Staub vom Häcksel getrennt. Diese Entstaubungseinrichtung ist so konstruiert, daß eine verlustlose Trennung von Häcksel und Staub erfolgt. Der so gereinigte Häcksel wird von einem Zellenaustragapparat aus der Entstaubungseinrichtung ausgetragen und einer Schüttelrinne zugeführt. Über dieser Rinne ordnet man zweckmäßig eine Magnettrommel zum Entfernen von Eisenteilen an. Anschließend erfolgt auf einer Stiftenschlagtrommel mit pendelndem Gegenkorb die Entfernung der Körner und die Auflockerung von Zusammenballungen. Außer den Körnern werden hier auch schwere Bestandteile, wie Sand, Erde usw. ausgeschieden. Der hier noch anfallende Staub wird ebenfalls abgesaugt und der Staubkammer zugeführt. Nach dem Passieren einer Nachreinigung wird der so vorbereitete und gereinigte Häcksel den Kochersilos zugeführt. Dieser Transport geschieht entweder pneumatisch oder mittels Gummitransportbands. Diese Bänder deckt man zweckmäßig ab. Bei der Verwendung von Transportbändern besteht die Möglichkeit, an geeigneter Stelle eine automatisch arbeitende Bandwaage einzubauen. Damit werden die Voraussetzungen für eine einwandfreie Ermittlung des Strohverbrauches geschaffen. Bei einer gut arbeitenden Häckselanlage rechnet man, in Abhängigkeit von dem Reinheitsgrad des Strohes, mit Strohausbeuten bis etwa 95 %, bezogen auf die Einsatzmasse.

6.3.2. Diskontinuierliches Verfahren

Aus dem Häckselsilo erfolgt die Füllung der Kocher. Man verwendet sowohl Kugel- als auch Sturzkocher, die im allgemeinen einen Rauminhalt von 25···40 m³ haben. Das Füllen der Kocher erfolgt unter Verwendung von Stampfern, damit eine möglichst hohe Ausnutzung des vorhandenen nutzbaren Kocherraumes erreicht wird. Im allgemeinen rechnet man, daß bei einem Kugelkocher bei normaler Handfüllung eine Fülldichte von 140···150 kg/m³ Kocherraum erreicht wird. Bei Stampferfüllung liegt sie um etwa 8···10 % höher. Mit der gleichen Fülldichte kann auch bei Sturzkochern gerechnet werden. Um eine möglichst hohe Fülldichte zu erreichen, wird der Häcksel oft vor dem Eintrag in den Kocher bereits in einer Schnecke mit Kalkmilch eingemaischt. Das hat den Vorteil, daß eine höhere Fülldichte je m³ Kocherraum erzielt wird. Gleichzeitig tritt eine Vorweichung des Häcksels ein, was sich günstig auf die

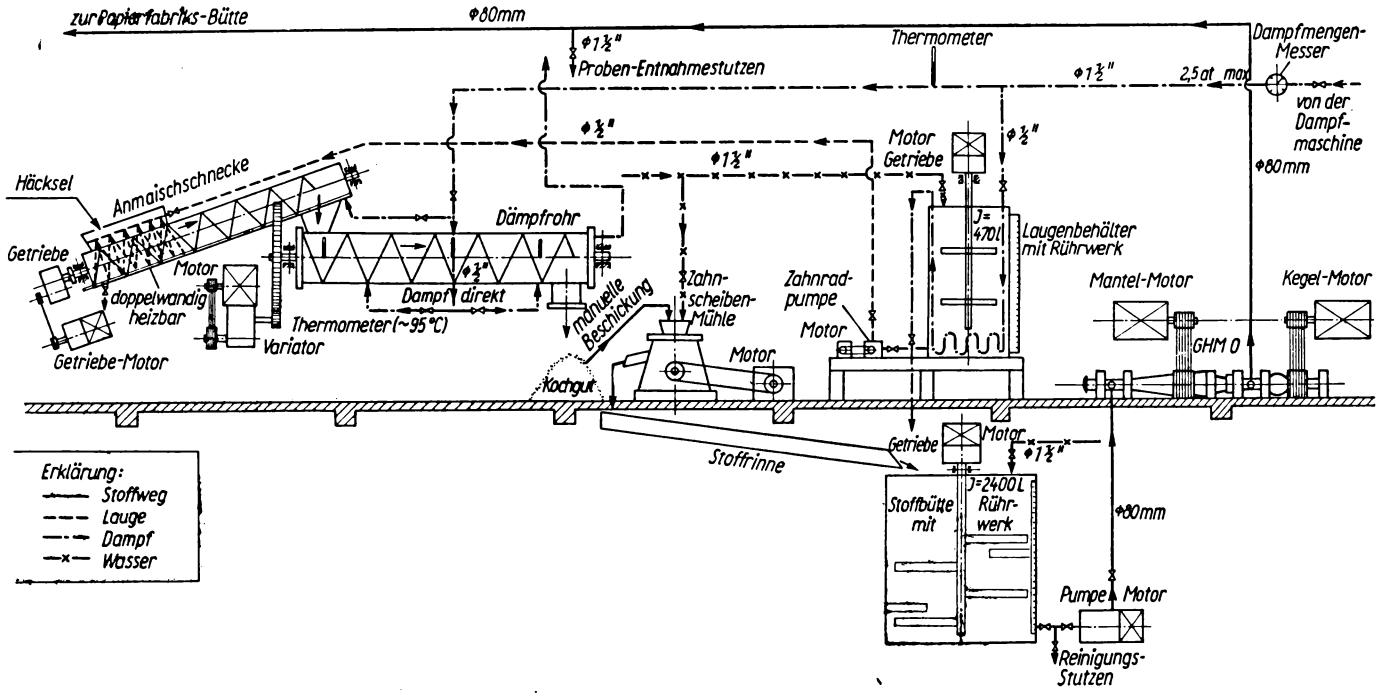


Bild 33. Fabrikationsschema des drucklos-kontinuierlichen Aufschlusses

Umtriebszeit des Kochers auswirkt. Bei der zuerst geschilderten Form der Kocherfüllung wird gleichzeitig mit dem Häcksel Kalkmilch zugegeben. Dabei rechnet man mit einem Kalkanteil von 10 %, auf die Strohmasse bezogen. Die Kalkmilch wird in einer 15- bis 18 %igen Lösung zugegeben. Anschließend wird bei einem Überdruck von 3···5 at über 3 bis 4 Stunden gekocht. Dabei erfolgt ein ständiges Drehen des Kochers, damit eine gute, gleichmäßige Kochung erfolgt. Die Dampfzuführung wird nach Erreichen des Höchstdruckes im Kocher abgestellt und dann der Kocher weitergedreht. Gegen Ende des Kochprozesses sinkt der Druck allmählich ab. Nach Beendigung der Kochung wird der noch vorhandene Dampf in einen frisch gefüllten Kocher übergeblasen. Ist der Druck vollkommen abgelassen, wird der Mannlochdeckel geöffnet und das fertige Gut unter ständigem Drehen des Kochers in eine Grube entleert. Das Kochgut hat jetzt einen Trockengehalt von etwa 30 % und wird in diesem Zustand mit Hilfe von Transportbändern oder Elevatoren den Kollergängen zur Zerfaserung zugeleitet. Als Dampfverbrauch rechnet man etwa 50 kg auf 100 kg Gelbstrohstoff. Die Gesamtumtriebszeit eines Kochers beträgt etwa 5···6 h. Zweckmäßig verwendet man bei den Kollergängen Basaltlavasteine. Der Eintrag soll kontinuierlich und in gleichmäßigen Mengen erfolgen, weil Gelbstrohstoff leicht zum Rutschen neigt. Nach der Vorzerfaserung, die etwa 20···30 min erfordert, ist das Material so weit vorbereitet, daß eine Weiterverarbeitung im Ganzzeugholländer erfolgen kann. Sofern Gelbstrohstoff zur Herstellung von Strohkarton und -pappen eingesetzt werden soll, kocht man so, daß Ausbeuten von 70···80 % erreicht werden.

6.3.3. Kontinuierliches Verfahren

Aus der vorstehenden Beschreibung des klassischen Verfahrens wird deutlich, daß einmal ein hoher Aufwand an Raum, Maschinen und Anlagen erforderlich ist und weiterhin nicht die Qualitäten erreicht werden können, wie dies mit modernen Verfahren möglich ist. Es kam deshalb darauf an, Verfahren zu entwickeln, die unter geringstem Aufwand an Raum, Ausrüstungen und menschlicher Arbeitskraft ein Erzeugnis bereitstellen, das von hoher Qualität ist. Ausgehend von dieser Erkenntnis, wurde im Institut für Zellstoff und Papier der Deutschen Demokratischen Republik ein Verfahren entwickelt, das diesen Anforderungen gerecht wird. Die Technologie dieses Verfahrens ist so ausgelegt, daß drucklos-kontinuierlich gearbeitet werden kann und dabei gute Festigkeitseigenschaften erzielt werden. Bei diesem Verfahren, dessen Technologie im Bild 33 veranschaulicht wird, wird als Aufschlußchemikal Natronlauge verwendet, wobei nach den erzielten Ergebnissen 7···8 % NaOH, auf atro Stroh bezogen, als ausreichend betrachtet werden [28].

Das Stroh wird zunächst auf Längen von 20···40 mm gehäckselt und anschließend der Anmaischschnecke zugeführt. Nach dem Eintrag des Häcksels in die Schnecke erfolgt eine Vorimprägnierung in der Form, daß das Gut auf einer Strecke von etwa 1 m durch 4 bis 6 Düsen mit einer Alkalilösung besprüht wird. Die Alkalikonzentration der Lösung schwankt je nach aufzuschließendem Gut zwischen etwa 20 bis 60 g/l. Zur Herstellung der Kochlauge wird technische Natronlauge verwendet, die in einem Laugenbehälter auf die notwendige Konzentration eingestellt wird. Der angemaischte Häcksel fällt am Ende der Schnecke direkt in das eigentliche Aufschlußrohr. Die Tourenzahl sowohl der Anmaischschnecke als auch der Dämpfrohrschnecke ist entsprechend der vorgesehenen Reaktionszeit regelbar. Die Schneckengänge im Aufschlußrohr werden stets voll gehalten, um einen guten Aufschluß zu erzielen.

Diesem Rohr wird zur Aufrechterhaltung einer gleichmäßigen Temperatur von durchschnittlich 95 °C an zwei Stellen direkter Dampf zugeführt. Während des Aufschlusses wird mit einem Flottenverhältnis von 1:2,7 bis 1:3 gearbeitet (atro Stroh: Flüssigkeitsmenge). Der Dampf hat eine Spannung von 2,3 at und etwa 130 °C. Dabei wird die Kochtemperatur so geregelt, daß 95 °C nicht überschritten werden. Das aus der Schnecke austretende Gut wird bei einer Konsistenz von 10···18 % in einer Zahnscheibenmühle heiß vorzerfasert und gelangt unter gleichzeitiger Verdünnung auf 2 bis 3 % in eine Bütte. Von hier erfolgt die Zuführung zu einer gegenläufigen Hydromühle, auf der die endgültige Auflösung in Einzelfasern vor sich geht. *Riese* [28] gibt folgende Technologie für dieses Verfahren als ausreichend an: Alkalikonzentration 7···8 % NaOH, auf atro Stroh bezogen, Reaktionszeit 20 min, Temperatur 90···95 °C. Bei Anwendung dieser Technologie wurden in einer großtechnischen Versuchsanlage mit Weizenstroh folgende Werte erzielt: Ausbeute 67,5 %. Dampfverbrauch 2,1 t/t atro Stroh, Energieverbrauch 171 kWh/t atro Stroh, Mahlungsgrad 23 °SR, Reißfestigkeit 4920 m, Doppelfalzungen 120, Berstfläche 20,4 m², Steifigkeit etwa 27. Demgegenüber wurden bei mit Kalkmilch gekochten Stoffen Reißfestigkeiten von nur 2800 bis 2900 m und eine Steifigkeit von etwa 12,5 erzielt. Bereits aus dem Vergleich der Reißfestigkeit und der Steifigkeit ist zu erkennen, daß mit dem kontinuierlichen Verfahren wesentlich bessere Qualitäten erreicht werden können. Hinzu kommen die weiteren Vorteile der apparativen Gestaltung und vor allem der Kontinuität, mit der die Anlage arbeitet. Noch nicht gelöst ist allerdings das Problem der Ablaugenbeseitigung.

Die Ablaugen haben eine gewisse Ähnlichkeit mit den Natronsulfat-Ablaugen. Sie enthalten allerdings im Gegensatz zu diesen nur Natronlignine und andere Begleitsubstanzen. Das Problem der wirtschaftlichen Beseitigung liegt darin, daß diese Ablaugen eine geringe Menge an Feststoffen enthalten, weshalb mit den herkömmlichen Verfahren der Regenerierung eine Beseitigung nicht möglich ist. Es ist aber damit zu rechnen, daß dieses Problem in Kürze auch gelöst wird und somit der Anwendung dieses wertvollen Verfahrens nichts mehr im Wege steht.

6.4. Regenerierung von Altpapier

Im Interesse einer Einsparung von Faserholz ist es erforderlich, den Rohstoff Altpapier in immer stärkerem Maße zur Gewinnung hochwertiger Faserstoffe heranzuziehen. Das gilt nicht nur bei der Erzeugung von Graupappen usw., sondern das Ziel muß es sein, die Altpapiere einer Regenerierung zu unterziehen, um die daraus gewonnenen Stoffe als Austausch für Holzschliff und Zellstoff einzusetzen.

Hierzu wurden in der Vergangenheit die verschiedensten Verfahren entwickelt, die sich aber infolge des teilweise sehr hohen Chemikalienaufwandes bzw. der viel zu umfangreichen Anlagen und der meist eintretenden hohen Faserverluste nicht wirtschaftlich gestalteten. Alle diese Verfahren arbeiten mit Ausbeuten von 60···70 %, was darauf zurückzuführen ist, daß man an den Stoff in bezug auf Weiße und Einsatz als Zellstoff sehr hohe Anforderungen stellte. Man erreicht zweifellos bereits wesentliche volkswirtschaftliche Vorteile, wenn man die Entfärbung so weit treibt, daß der regenerierte Stoff die Weiße von Holzschliff erreicht und er als Ersatz für diesen eingesetzt wird. Bild 34 zeigt das technologische Schema einer De-inking-Anlage, mit der wohl hohe Weißgrade, aber nur geringe Ausbeuten erreichbar sind [29].

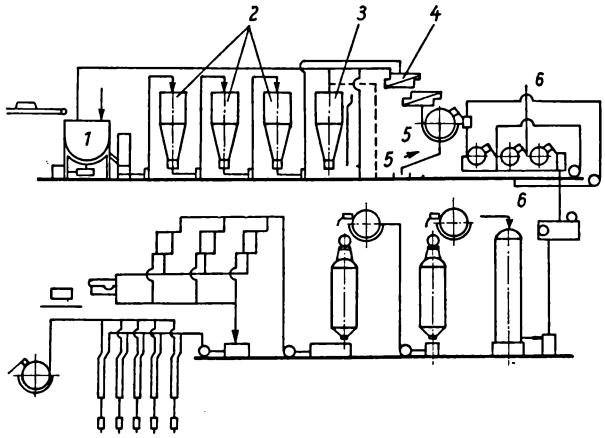


Bild 34. Technologisches Schema der Entfärbung von Altpapier

Das aus Büchern und Zeitschriften bestehende Altpapier wird auf dem zum Turbolöser führenden Band zunächst von Hand sortiert, wobei alle Fremdkörper, wie Bindfaden, Zellglas, Glas, Metall, Gummi und andere, entfernt werden. Häufig werden auch Altpapieranteile, die mehr als 15 % Holzschliff enthalten, ebenfalls aussortiert. Allein hierzu werden vier Arbeitskräfte benötigt. Im Turbolöser (1) erfolgt unter Zugabe von Warmwasser und Chemikalien, wie 5 %iger Natronlauge mit einer Konzentration von 1,6 g/l, Natriumphosphat (10 %) und Petroleum, das Auflösen des Altpapiers und die Entfernung noch vorhandener Fremdbestandteile. Über das mit 4-mm-Bohrungen versehene Sieb des Turbolösers wird der gelöste Stoff abgezogen und den hintereinandergeschalteten Kochbehältern (2) und (3) zugeführt. Hier wird der Stoff während einer Dauer von zwei Stunden bei 90 ··· 100 °C behandelt. Nach Verlassen der Kochstufe erfolgt die Sortierung auf Plansortierern (4) und anschließendes Eindicken auf Zellenfiltern (5). Dabei wird ein großer Teil der Chemikalien zurück-

Tabelle 13. Die Entfärbung von Altpapier, Arbeitsbedingungen und Arbeitsergebnisse (Zeitschriften und Bücher mit bis zu 15 % Holzanteil)

Nr. der Kochung	NaOH in %	Naphthensäuren in %	Kaolin in %	Leuchtpetroleum in %	Hydromodul in %	Temperatur in °C	Kochzeit in min	Zerreißfestigkeit bei 45 °SR	Doppelfalzungen bei 45 °SR	endgültiger Weißgrad
1	3	—	—	—	4:1	100	120	3400	4	72,4
2	4	2	—	—	4:1		120	3400	4	80,0
3	3	2	10	—	4:1		60	3200	3	86,0
4	3	2	10	—	4:1		120	3174	2	86,0
5	3	2	10	—	4:1		180	3126	3	84,0
6	5	—	—	5	5:1		120	3110	3	69,0
7	4	2	10	5	5:1		120	3700	5	73,4
8	3	2	—		5:1	100	120	3400	3	73,2

gewonnen. Nach der Dreistufenwäsche (6) hat dieser Stoff eine Weiße von 56···60 %, wobei mit einer Ausbeute von 60···70 %, bezogen auf die eingesetzte Altpapiermenge, gerechnet wird. Im Anschluß an die Wäsche folgt eine Dreistufenbleiche, bei der mit 4···5 % gasförmigem Chlor zunächst chloriert, anschließend mit Natronlauge alkalisiert und in der dritten Stufe mit Kalziumhypochlorid fertig gebleicht wird. Zwischen den einzelnen Stufen wird eine Wäsche durchgeführt. Der Chlorverbrauch wird mit 6,5 % angegeben, die erreichte Weiße mit 75···80 %. Im Anschluß an die Bleiche erfolgt noch eine Feinreinigung im Selektifier und in Rohrschleudern. Anschließend wird der Stoff eingedickt. Der Wasserbedarf einer derartigen Anlage beträgt etwa 110···125 l/kg. In der Tabelle 13 sind die Arbeitsbedingungen und die Ergebnisse, die mit einer derartigen Anlage erzielt werden können, dargelegt. Erst in den letzten Jahren ist es gelungen, Verfahren zu entwickeln, mit denen eine wirtschaftliche Regenerierung von Altpapier möglich ist. Dabei ist zu unterscheiden, ob die Regenerierung wenig oder stark bedruckter Papiere, die auch teilweise mit Aufstrichen versehen sein können, erfolgen soll.

6.4.1. Regenerierung durch Auswaschen

Für hochwertige Altpapiere, die nur teilweise bedruckt sind, wurde ein Verfahren entwickelt, mit dem die Aufbereitung dieser Sorten mit und ohne Zusatz von Chemikalien erfolgen kann, so daß der gewonnene Stoff als Deckschicht für die Erzeugung von Karton verwendbar ist [30]. Zur Auflösung des Altpapiers verwendet man einen periodisch arbeitenden Turbolöser, der für diese Zwecke besonders eingerichtet wurde und der mit einer Stoffdichte von 6,0···6,5 % arbeitet. Der Siebboden hat zum Abziehen der gelösten Anteile eine verhältnismäßig kleine Lochung. Alle groben Bestandteile bleiben auf dem Sieb liegen. Damit wird eine gute Vorreinigung erzielt. Das über dem Sieb laufende Auflöserrad hat zwei Aufgaben. Einmal beeinflußt es den Lösevorgang und zum anderen verhindert es ein Verstopfen des Siebes beim Abzug der gelösten Anteile. Die auf dem Sieb zurückgehaltenen ungelösten Bestandteile müssen zeitweise entfernt werden. Die Lösungsdauer je Charge wird mit 30···45 min angegeben. Das heißt, daß der Lösevorgang bereits sehr weit getrieben wird und der Stippengehalt gering ist.

Nach dem Vorreinigen erfolgt eine Nachreinigung des Stoffes in Dickstoffreinigern und anschließend eine Vorentstippung. Der nach der Entstippung anfallende Stoff wird mittels eines Banddruckfilters (Bild 35) auf etwa 20···25 % entwässert. Die Arbeitsweise des Filters ist folgende: Die zwei gelochten Siebtrommeln verfügen über einen Siebbezug und werden zur Hälfte von einem starken Gummituch umspannt. Dieses Gummituch wird mittels einer Spannvorrichtung einer kräftigen Spannung unterzogen. Über der großen Trommel befindet sich ein Stoffeinlauf, über den die Stoffsuspension zwischen Trommel und Gummituch aufläuft. Durch die starke Spannung des Gummituches wird der Stoff gleichzeitig gegen den Siebzylinder gepreßt. Der Druck bewirkt ein Auspressen des Stoffes und den Ablauf des Wassers nach dem Trommelinneren, aus dem es nach beiden Seiten frei ablaufen kann. Auf der kleinen Trommel wird der Stoff nachentwässert. Ein Schaber streicht den Stoff vom Gummituch ab. Die Entwässerungsleistung beträgt 30···35 t/d/m Arbeitsbreite. Dabei schwankt der Leistungsbedarf zwischen 2,5 und 5,0 kW. Das Filter preßt jedoch nicht nur Wasser aus, sondern mit dem Abwasser werden auch Verunreinigungen, die von den Druckfarben herrühren, sowie Faserschleim und Fasertrümmer einschließlich

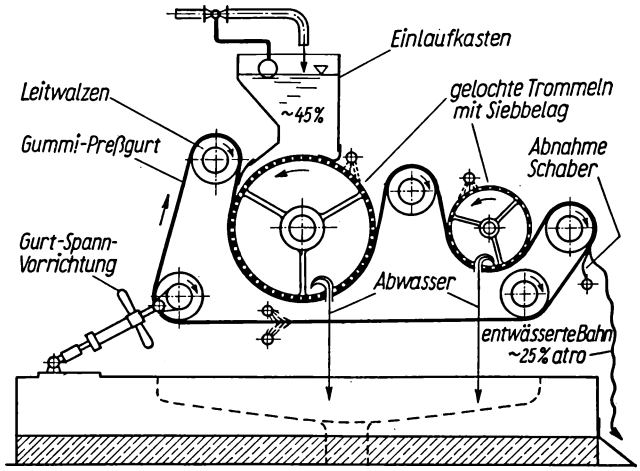


Bild 35. Banddruckfilter

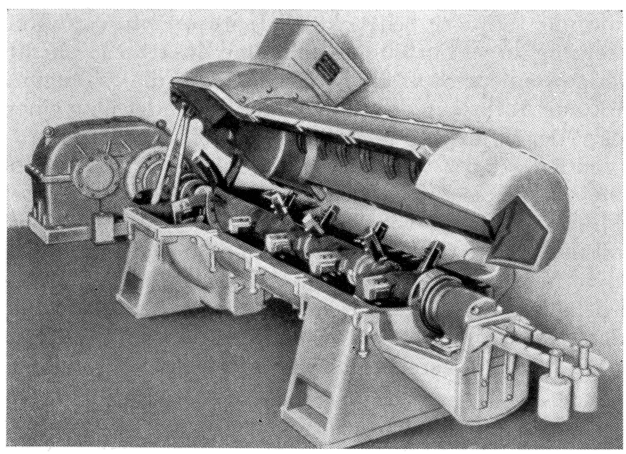


Bild 36. Einwellenzerfaserer

der Füllstoffe abgeführt. Daraus ergibt sich auch gleichzeitig eine Verringerung des Mahlgrades.

Der von dem Banddruckfilter entwässerte und gereinigte Stoff wird durch eine Schnecke den Einwellenzerfaserern (Bild 36) zugeführt, in denen eine vollkommene Entstippung erfolgt. Die Zerfaserungswirkung des Einwellenzerfasers beruht darauf, daß der Stoff zwischen einer rotierenden Welle, die mit Armen besetzt ist und zwischen feststehenden Gehäusekämmen läuft, bearbeitet wird. Durch das Rotieren der Arme wird der Stoff nach dem Austritt zu verdichtet. Durch die Verdichtung und die zwischen den rotierenden Armen und feststehenden Kämmen entstehende innere Stoffreibung wird eine schonende Entstippung des Stoffes erreicht. Die Leistung des Zerfaserers wird mit etwa 20 t/Tag bei einer Belastung von 40···80 kW angegeben. Bild 37 zeigt die praktische Anwendung des soeben geschilderten Verfahrens der Altpapieraufbereitung in einer Anlage für 60 t/ d Duplex- und Triplexkarton. Aus der

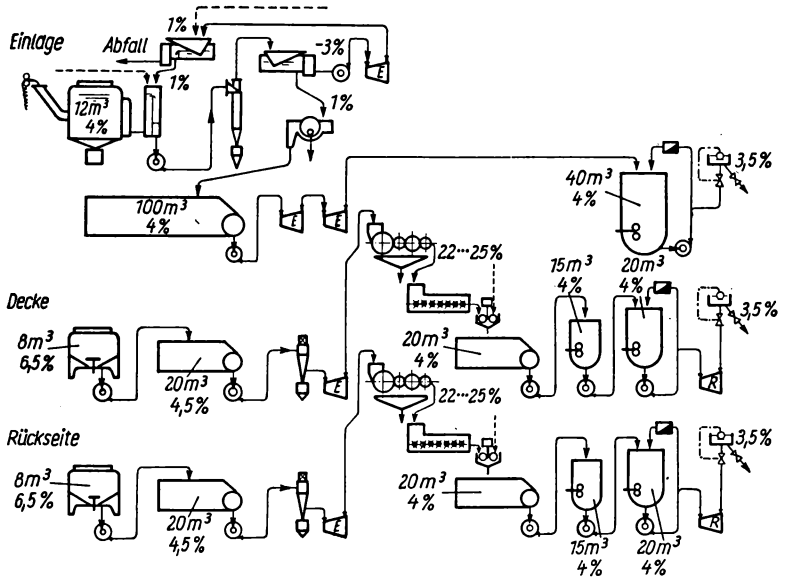


Bild 37. Altpapieraufbereitung für 60 t/d Duplex- oder Triplex-Karton

bildlichen Darstellung ist ersichtlich, daß die Einlagestoffe nach dem kontinuierlichen Verfahren aufgelöst, gereinigt und entstippt werden. Anschließend erfolgt die Stapelung in einer stehenden Bütte. Die Aufbereitung des Decken- und Rückseitenstoffes erfolgt in der Form, daß nach Auflösung, Reinigung und Entstippung eine Entwässerung auf Banddruckfiltern erfolgt, der sich eine Auflösung in Einwellenzerfaserern anschließt, der wiederum die Stapelung in Bütten folgt. Mit diesem Verfahren kann natürlich nur ein Teil der Druckfarben entfernt werden. Um einen Stoff mit möglichst hohem Weißgrad zu erhalten, ist es notwendig, die Druckfarbenteilchen vollkommen zu entfernen. Zu diesem Zweck verwendet man ein Verfahren, das mit Flotation arbeitet.

6.4.2. Flotationsverfahren

Das Verfahren (Bild 38) arbeitet unter Verwendung von Turbulösern, Entstippern und eigens hierzu konstruierten Flotationszellen.

Das zur Regenerierung geeignete Altpapier, Tageszeitungen, Illustrierte, Magazine und ähnliche Sorten, wird zunächst in einem Spezial-Stofflöser weitestgehendt stippenfrei aufgelöst. Die Temperatur des Auflösewassers beträgt etwa 70···80 °C, die Konsistenz im Löser 7···8 %. Gleichzeitig werden im Stofflöser 50 % der Schmierseife sowie Natriumperoxid bzw. Natriumhydrosulfit und Wasserglas als Lösungsmittel zugegeben. Die hohe Stoffdichte, die Temperatur und die Lösungsmittel begünstigen die weitgehende Auflösung der Stippen im Stofflöser und das Ablösen der Druckfarbenteilchen von der Faser. Die erwähnte Zugabe von Natriumhydrosulfit erfolgt zweckmäßig kurz vor dem Ableeren des Stofflösers, um eine Umwandlung

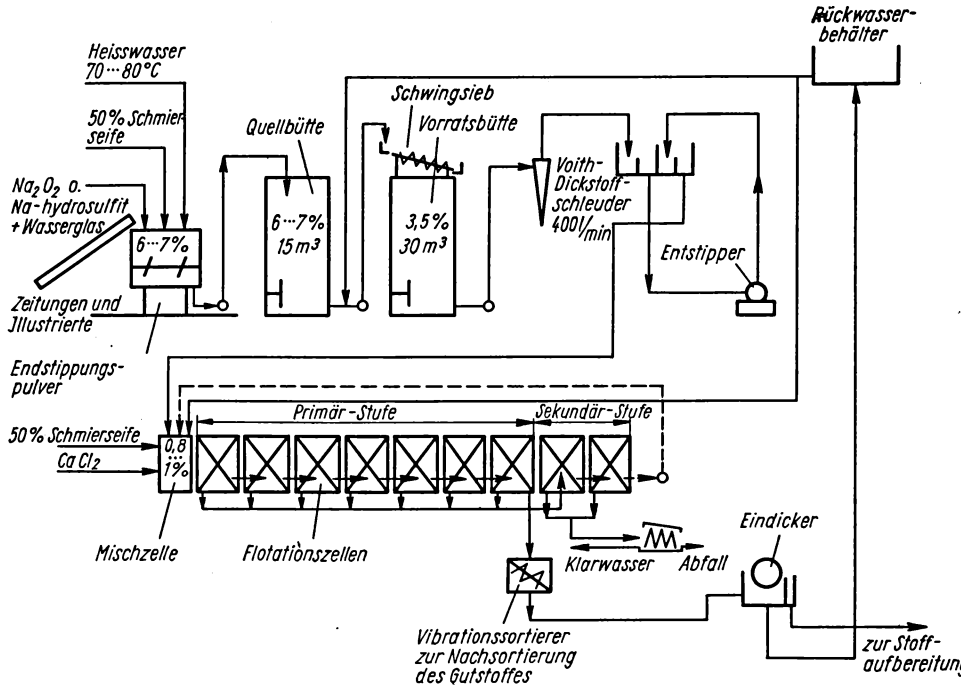


Bild 38. De-inking-Anlage für 10 t/d

in Natriumsulfit, die durch die turbulente Strömung begünstigt wird, zu vermeiden. Dem Stofflöser ist eine Quell- und Reifebütte nachgeschaltet. Mittels Dickstoffpumpe wird dann der Stoff unter Zugabe von Verdünnungswasser über ein Sortiersieb, auf dem besonders Heftklammern, Kunststoffteilchen usw. aussortiert werden, der Graustoffbütte zugeleitet. Die Konsistenz in dieser Bütte beträgt 3,5 %. Mit dieser Konsistenz erfolgt eine weitere Reinigung des Stoffes in einer Dickstoffschleuder mit einer Durchsatzmenge von 400 l/min. Nach Durchgang durch einen Entstipper ge-

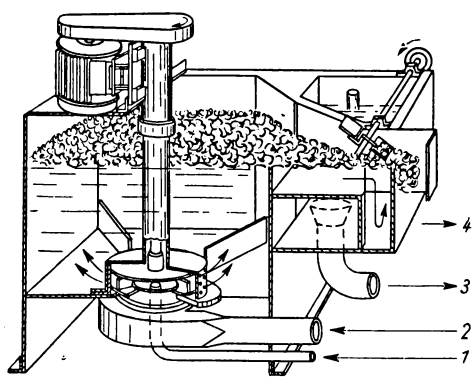


Bild 39. Schnitt durch eine Flotationszelle
(1) Luft, (2) Graustoff, (3) Gutstoff, (4) Schaum

langt der Stoff auf die Mischzelle, in der eine Verdünnung auf 0,8 ··· 1,2 % Stoffdichte erfolgt. Hier erfolgt auch die Zugabe der restlichen 50 % Schmierseife. Sofern erforderlich, das trifft für geringe Wasserhärten zu, erfolgt hier auch eine Zugabe von Kalziumchlorid zur Bildung von Kalkseife. Die Bildung von Kalkseifenflocken ist deshalb wichtig, damit eine gute Druckfarbenentfernung erfolgen kann. Aus der Mischzelle gelangt der Graustoff auf 7 hintereinandergeschaltete Flotationszellen der Primärstufe. Die Wirkungsweise der Flotationszellen ist im Bild 39 dargestellt.
In einen quadratischen Behälter ragt von oben in der Behältermitte eine vertikale Hohlwelle, die sich am unteren Ende verbreitert und mit einem Lochmantel versehen und fest mit dem Boden verbunden ist. Auf der Antriebswelle sitzt am unteren Ende ein Laufrad, das mit Flügeln ausgerüstet ist. Der Stoffeintritt erfolgt durch die Saugwirkung des Laufrades von unten über einen spiralförmig ausgebildeten Einlauf. Durch ein in Achsenmitte angeordnetes Rohr wird gleichzeitig Luft zugeführt, die im Laufrad mit dem zugeführten Stoff vermischt wird. Das Stoff-Wasser-Luft-Gemisch wird anschließend durch den Lochmantel in die Flotationszelle gedrückt. Durch das Hindurchdrücken des Stoffes durch die Mantellöcher entsteht eine Turbulenz, die zur feinsten Verteilung der Luft in der Suspension beiträgt und den Stoff über die Zelle gleichmäßig verteilt. Die feinste Verteilung der Luft ist notwendig, damit auch alle Druckerschwärzeteilchen erfaßt werden, d. h., daß sich eine Luftblase an sie ansetzt und damit die Voraussetzungen für eine Flotation geschaffen werden.
Dabei ist die Größe der Farbpartikel von ausschlaggebender Bedeutung für den Wirkungsgrad der Flotationszellen. An Hand von Untersuchungen, die *Müller-Rid* und *Ortner* [31] durchführten, wird eindeutig nachgewiesen, daß Teilchen zwischen 2 μm und 10 μm fast vollkommen entfernt werden (Bild 40), während sämtliche Teilchen der Größen über 25 μm und unter 2 μm in der Masse verbleiben.
Die mit den Luftbläschen behafteten Druckerschwärzepartikelchen treiben nach oben und werden dort mit Hilfe einer Abstreichvorrichtung als Schaum aus der Zelle abgezogen.
Der Gutstoff wird über einen Siphon der nächsten Zelle zugeleitet. Die gesamte Flotationsanlage besteht aus Primär- und Sekundärstufe, wobei die Anzahl der Zellen der beiden Stufen in einem Verhältnis von 3 : 1 steht. Die Primärstufe dient der

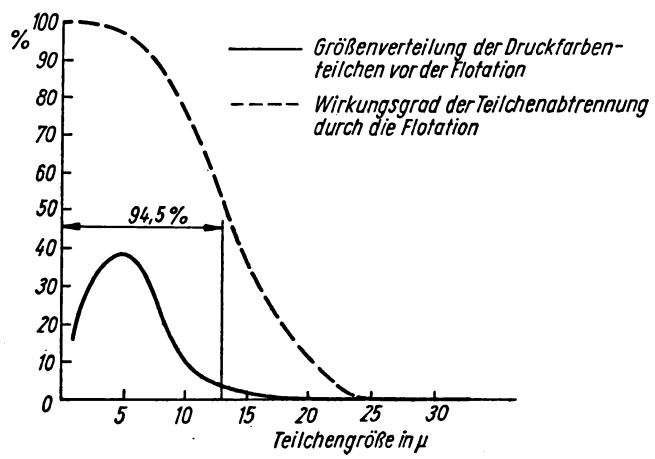


Bild 40. Einfluß der Teilchengröße auf den Flotationseffekt

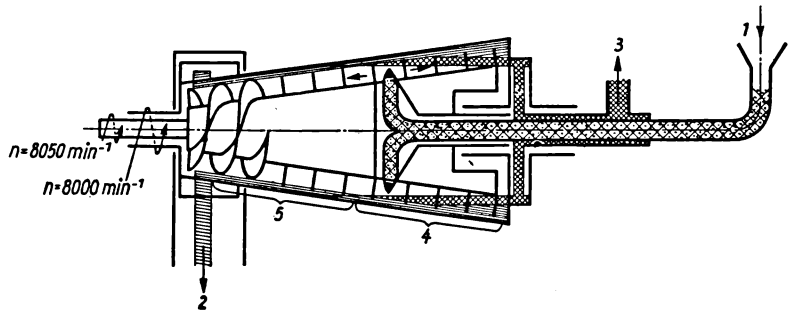


Bild 41. Schneckenzentrifuge zur Abfallstoffentwässerung
(*1*) Einlauf, (*2*) Feststoffableitung, (*3*) Klarwasserabfluß, (*4*) Trennzone, (*5*) Trockenzone

eigentlichen Stoffreinigung. Die Sekundärstufe hat die Aufgabe, den aus den Primärzellen abgezogenen Schaum nachzureinigen. Der hierbei anfallende Gutstoff wird dem Mischbehälter zugeführt.

Der in der Sekundärstufe anfallende Abfall, der aus Druckerschwärzepartikeln besteht und weiter Füll- und Schleimstoffe enthält, ist für die Verwendung nicht mehr geeignet. Der hierbei entstehende Verlust beträgt je nach verwendeter Papiersorte etwa 3···10 %. Dieser Abfall weist eine sehr niedrige Stoffdichte von 3···4 % auf und muß deshalb zum Abfahren eingedickt werden. Zum Eindicken bedient man sich einer Schneckenzentrifuge, die das anfallende Material auf 30···35 % Trockengehalt entwässert. Das in seinem Feststoffanteil sehr stark schwankende Abwasser wird vor die Sekundärstufe zurückgeführt.

Die Schneckenzentrifuge (Bild 41) kann mit Drehzahlen bis zu 8000 min^{-1} laufen. Die aus der Sekundärstufe ausgeschiedene Schmutzflüssigkeit tritt durch eine Hohlwelle in die konische Trommel der Zentrifuge ein, in der infolge der hohen Umdrehungszahl ein Flüssigkeitsring gebildet wird. Dadurch setzen sich gleichzeitig die Verunreinigungen am Trommelmantel ab. Durch die im Inneren der Trommel laufende Schnecke, deren Windungen einen geringen Abstand von der Trommelinnenseite haben, wird der sich am Trommelmantel ablagernde Schmutz dem Trommelende zugetrieben und tritt dort durch eine Öffnung aus. Das geklärte Wasser sammelt sich an der Oberfläche des Flüssigkeitsringes und wird mittels eines Pumpenrades unter Druck abgezogen.

Im Bild 42 wird eine komplette Flotationsanlage gezeigt, die etwa 10···12 t/d entfärbten Stoff liefert. Im Hintergrund befindet sich der Mischbehälter, in dem die Mischung des Stoffes mit den Chemikalien erfolgt. Im Vordergrund erkennt man die Primär- und Sekundärzellen und die Schneckenzentrifuge. In der Tabelle 14 [32] sind die Ergebnisse, die mit einer derartigen Anlage erzielt werden können, dargestellt. Wie sich aus den Zahlen entnehmen läßt, erreicht man bei diesem Verfahren Weißgrade, die über denen von normalem Holzschliff liegen. Selbstverständlich ergeben wenig bedruckte Altpapiere noch höhere Werte. Die Ergebnisse zeigen aber auch, daß sich ein gutes Ergebnis erzielen läßt, ohne hohe Stoffverluste zu erleiden.

Neben den bereits erwähnten Ausbeuten, die dieses Verfahren ermöglicht, ergeben sich weitere wirtschaftliche Vorteile insofern, als der Raumbedarf einer Anlage für einen Durchsatz von 10 t/d etwa 350 m^2 beträgt und für die Überwachung und den

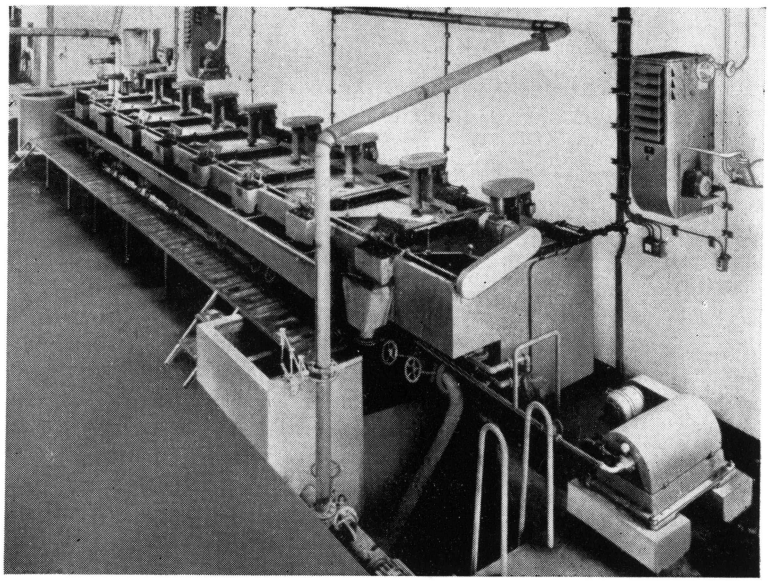


Bild 42
Deinking-
Anlage

Betrieb derselben eine Arbeitskraft/Schicht benötigt wird, also insgesamt drei Arbeitskräfte/d. Dazu kommt ein Ingenieur für die Leitung und Überwachung. Der Frischwasserbedarf beträgt etwa 19,8···5,2 l/kg.

Tabelle 14. Ergebnisse bei der Altpapierregenerierung

Versuch Nr.	Ausgangsstoff	Weißgehalt in % (Zeiss-Elrepho-Filter R 46)		
		Ausgangsstoff	unbedruckte Randstreifen	flotierter Fertigstoff (ohne Nachbleiche)
1	Tageszeitungen (deutsche)	47,0	57,5	58,0
2	Tageszeitungen (schwedische)	45,5	60,5	59,5
3	$^1/_2$ Tageszeitungen, $^1/_2$ Illustrierte	45,1	61,5	59,0
4	$^2/_3$ Illustrierte, $^1/_3$ holzfreie, hellbunte Späne	45,8	—	64,5
5	Schulbücher (holzfrei)	59,3	78,0	75,0

6.4.3. Dispersionsverfahren

Besondere Schwierigkeiten bei der Wiederverwendung bereiten diejenigen Altpapiersorten, die asphaltiert oder mit Bitumen getränkt sind. Bei der Wiederauflösung ergeben sich relativ große Teilchen, die das fertige Produkt unansehnlich machen und

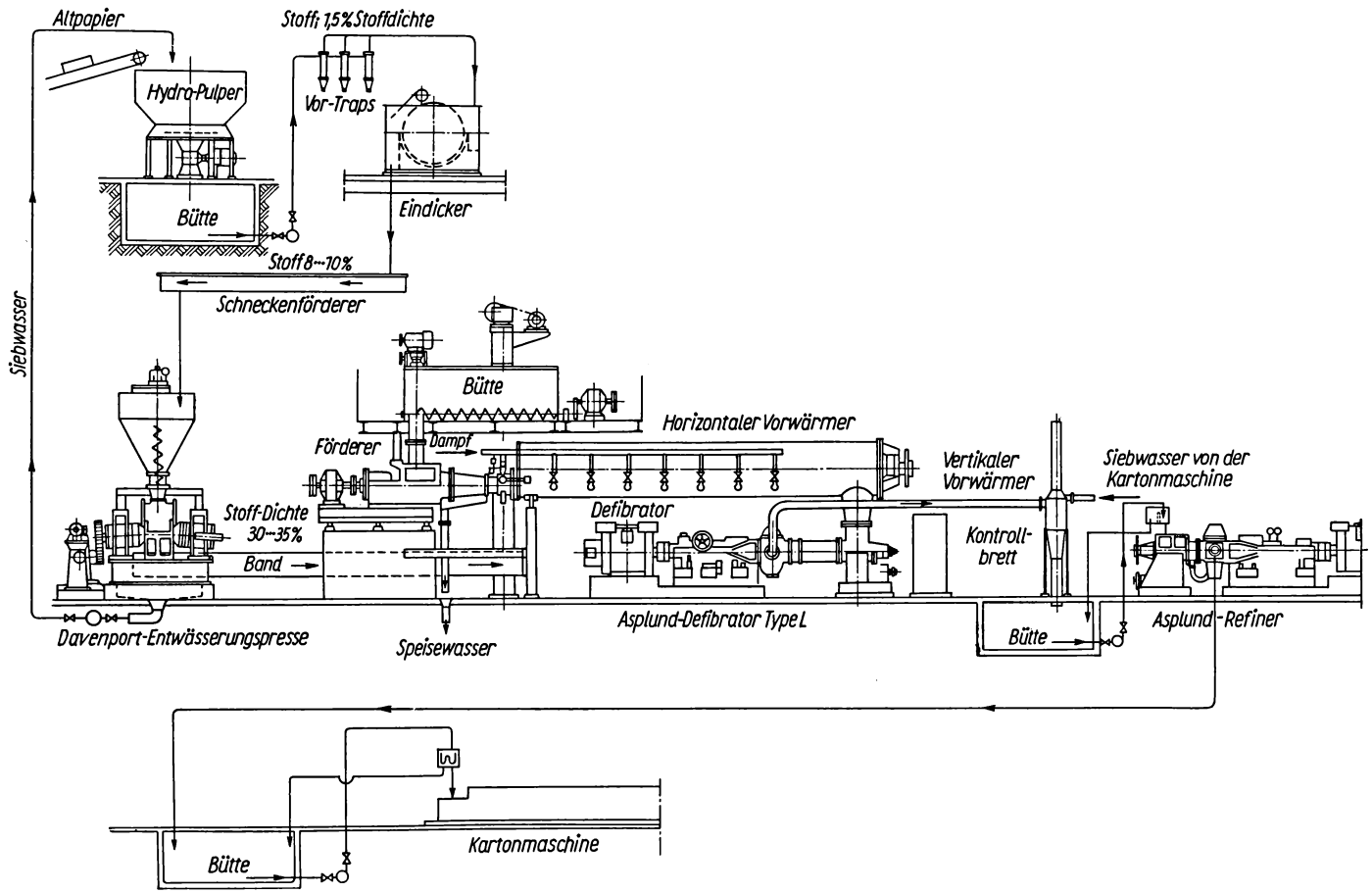


Bild 43. Schema einer Altpapier-Aufbereitungs-Anlage nach dem Asplund-Defibrator-Verfahren

darüber hinaus starke Verschmutzungen der Filze, Siebe und Preßwalzen hervorrufen.
Im Interesse einer Wiederverwertung derartiger Altpapiere wurde ein Verfahren entwickelt, das die Asphaltteilchen bei hohen Temperaturen und einer hohen Stoffdichte auf die Faser dispergiert und dadurch so fein verteilt, daß sie im fertigen Erzeugnis nicht mehr als Flecke erscheinen, sondern lediglich die Farbe des fertigen Kartons etwas dunkler erscheinen lassen. Darüber hinaus soll der Stoff infolge der hohen Temperaturen von 150 °C, mit denen er behandelt wurde, sterilisiert sein. Durch die im Verfahren angewendete plötzliche Entspannung werden auch die übelriechenden flüchtigen Bestandteile entfernt. Damit soll der Stoff für die Herstellung von Lebensmittelverpackung vollkommen geeignet sein [33]. Bild 43 zeigt das Schema einer Altpapieraufbereitungsanlage nach dem Asplund-Defibrator-Verfahren.
Die Auflösung des angelieferten Altpapiers erfolgt zunächst im Turbolöser, aus dem es in eine Bütte geleert wird. Hier erfolgt eine Verdünnung auf 1,5 %. Mit dieser Konsistenz wird es zunächst in Vortraps oder anderen Sortierern sortiert. Anschliessend wird der Stoff auf normalen Eindickern, die mit Andruckwalze ausgerüstet sind, auf 10···12 % Stoffdichte entwässert. Zur weiteren Erhöhung der Konsistenz passiert der Stoff nunmehr eine „Davenport"-Entwässerungspresse. Bei dieser Presse handelt es sich um eine Konstruktion, auf der man mit verhältnismäßig geringem Kraftaufwand eine hohe Stoffdichte erzielt und die für die Wirksamkeit des Verfahrens entscheidend ist.
Die „Davenport-Presse" (Bild 44) besteht aus einem massiven Gehäuse, in dem zwei rotierende Entwässerungsplatten angeordnet sind. Die Anordnung der Platten erfolgt in V-Form. Der Stoff tritt von oben über einen Schneckenförderer kontinuierlich an der Stelle ein, an welcher der Abstand der Scheiben am größten ist. Durch die Drehung der Scheiben und die dadurch eintretende Verringerung des Abstandes wird der Entwässerungsvorgang eingeleitet. An der Stelle, an welcher der Abstand der Scheiben am geringsten ist, ist der Entwässerungsgrad am höchsten. Das ausgepreßte Wasser wird durch die Bohrungen der Scheiben abgeführt. Die Leistung dieser Presse wird bei Altpapierstoffen mit 75 t/d angegeben. Dabei werden Trockengehalte von 10···12 % und bis 35 % erreicht. Der Energieverbrauch wird mit etwa 3 kWh/t Stoff angegeben. Der aus der Presse kommende Stoff gelangt zunächst in eine Bütte, in der am Boden zwei paarweise angeordnete Schnecken eingebaut sind, die den Stoff

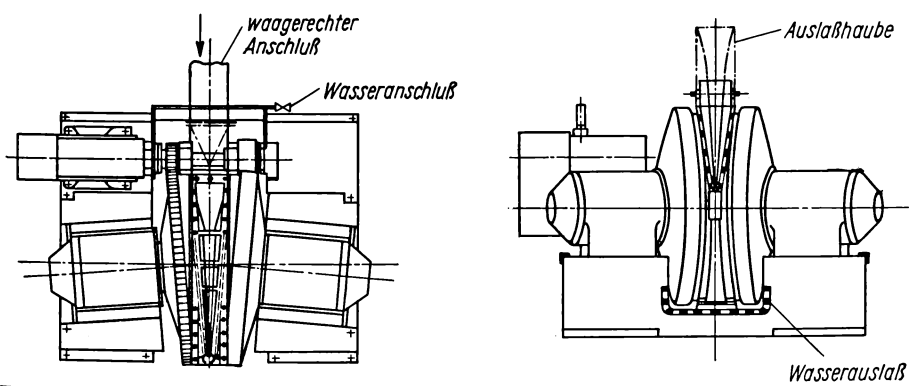


Bild 44. Davenport-Entwässerungspresse

einer senkrecht angeordneten Schnecke zuleiten. Über diese Schnecke erfolgt die Zuführung über die Einführschnecke zum Vorwärmer. In dieser Schnecke, die mit etwa 65 min^{-1} läuft, wird der Stoff zu einem Pfropfen zusammengepreßt und dadurch ein sicherer Abschluß gegen den im Vorwärmer herrschenden Überdruck von 3,5 bis 4,2 at erreicht. Sobald der Pfropfen in den Vorwärmer eintritt, löst er sich auf und wird unter Druck mit Dampf auf 150 °C erwärmt. Durch die plötzliche und schnelle Erwärmung erfolgt ein Erweichen und Verflüssigen der Nichtfaser-Bestandteile innerhalb von 3···4 min. Die Förderung des Stoffes durch den horizontalen Vorwärmer geschieht mittels der eingebauten Schnecke. Am Ende des Vorwärmers fällt der Stoff in einen senkrecht angeordneten Behälter, aus dem der Asplund-Defibrator gespeist wird. In diesem Defibrator, der dem für die Faserplattenherstellung entspricht, erfolgt die Zerfaserung des Altpapierstoffes und dabei gleichzeitig eine vollkommen feinste Verteilung der Nichtfaser-Bestandteile auf die Faser. Durch diese außerordentlich feine Verteilung erscheinen die Teilchen nun nicht mehr als Flecke, sondern sie verändern die Gesamtfarbe des Stoffes. Nach dem Austrag aus dem Defibrator erfolgt die direkte Zuführung zur Maschinenbütte. Nach anschließender Egalisierung auf einem Refiner wird der Stoff direkt der Kartonmaschine zugeleitet. Eine derartige Anlage kann mit einem Defibrator, der mit ein oder zwei Davenport-Pressen gekoppelt ist, 80···150 t/d erzeugen. Dabei beträgt der Energieaufwand etwa 50 kWh und der Dampfverbrauch 800 kg/t atro Stoff. Zweifellos bietet ein derartiges Aufbereitungsverfahren durch höheren Altpapiereinsatz große Vorteile in bezug auf Faserholzeinsparung. Auch der Erfolg der Regenerierung reicht für bestimmte Kartonsorten vollkommen aus.

7. Aufbereitung der Hilfsstoffe

7.1. Kaolinaufbereitung

Wie bereits bei der Behandlung der Füllstoffe erwähnt wurde, tragen sie besonders dazu bei, dem Erzeugnis eine bessere Oberfläche zu erteilen. Außerdem werden Faserstoffe eingespart. Die bei der Blattbildung auf dem Sieb zwischen den einzelnen Fasern entstehenden mehr oder weniger großen Hohlräume werden durch den Einsatz von Füllstoffen, durch Harzteilchen sowie durch Fasertrümmer und Schleimstoffe ausgefüllt, gewisse Unebenheiten gleichen sich aus, die Oberfläche wird gleichmäßiger und geschlossener, und es entstehen Voraussetzungen für eine gute Glätte. Dadurch läßt sich das Erzeugnis gut verarbeiten, z. B. gut bedrucken. Das Füllen erhöht gleichzeitig auch die Undurchsichtigkeit (Opazität). Das wirkt sich bei mehrlagigem Karton dahingehend aus, daß mit geringerer Masse je Flächeneinheit gedeckt werden kann. Nicht zuletzt spart ein möglichst hoher Füllstoffanteil hochwertige Faserstoffe ein.
Eine unbedingte Voraussetzung zum Erzielen der genannten Eigenschaften ist eine möglichst große Feinheit der einzelnen Füllstoffteilchen und ihre Fähigkeit, sich gut anlagern zu können. Je feiner die Teilchen sind, um so größer ist die Deckfähigkeit. Um die Voraussetzungen erfüllen zu können, ist es notwendig, die Füllstoffe vor der Zugabe in den Holländer oder die Mischbütte zu einer Erdemilch aufzubereiten. Eine Aufschlämmung hat den Vorteil, daß sie sich mit den Faserstoffen intensiver mischt und auch gleichmäßiger auf die Faserstoffsuspension verteilt. Weiterhin ist zu beachten, daß die in der Kartonerzeugung hauptsächlich eingesetzten Kaoline nicht unerhebliche Fremdbestandteile, wie Sand und Glimmer, enthalten, die sich durch Filtration der Erdesuspension entfernen lassen.
Zum Aufschlämmen des Kaolins gibt es die verschiedensten Maschinen und Anlagen, die auch nach unterschiedlichen Prinzipien arbeiten. Bild 45 zeigt einen Erdeauflöser, System Niethammer, Bauart und Arbeitsweise entsprechen der eines Überwurf-Holländers. Am Ende des Troges befindet sich eine Schaufelwalze, welche die Suspen-

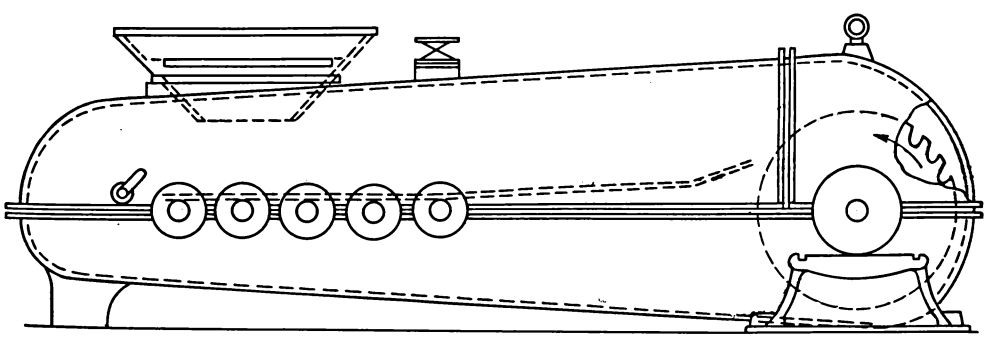


Bild 45. Niethammer-Erdeauflöser

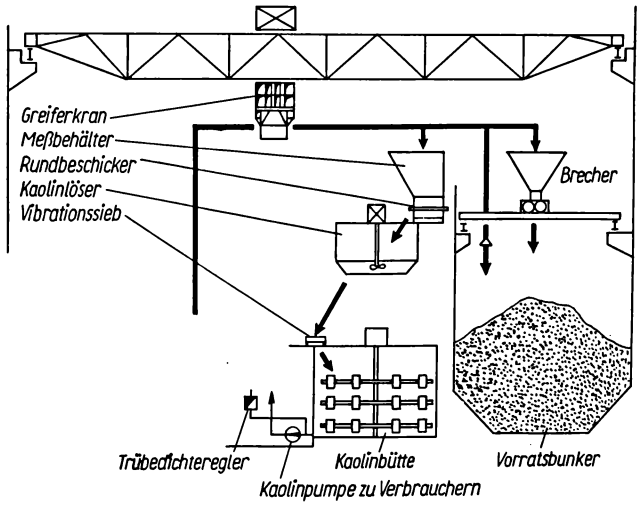


Bild 46. Kaolin-Aufbereitungsanlage

sion laufend umtreibt. Dabei wirft die Walze über den Scheitel auf einen Zwischenboden. Diese Auflöser werden in zwei Größen gebaut, und zwar mit einem Inhalt von 580 l und einem Kaolineintrag von 150 kg, die Drehzahl beträgt 400 min^{-1} und der Leistungsbedarf liegt bei 6···9 kWh. Die zweite Größe hat einen Inhalt von 1050 l und einen Kaolineintrag von 300 kg, die Drehzahl beträgt 350 min^{-1}, und der Leistungsbedarf liegt bei 10···13 kW. Man kann mit diesem Erdeauflöser so arbeiten, daß entweder eine Charge aufbereitet wird, die einem Holländer- oder Mischbüttenanteil entspricht, oder man arbeitet auf einen Vorratsbehälter mit Pendelrührwerk, aus dem die Füllstoffsuspension durch Spezialpumpen oder Druckluft einem Dosierbehälter zugeleitet wird.

Eine andere Form der Aufschlämmung ist die von *Werner* und *Pfleiderer*. In einem eiförmigen Trog werden durch schnelle Drehung des Rührwerkes Wasser und Kaolin abwechselnd angesaugt und gegen die Trogwand geschleudert. Dabei wird durch einen eingebauten Wellenbrecher ein Kreisen der Suspension verhindert und diese immer wieder der Rührerachse zugetrieben. Durch diese Bewegung wird eine gute Auflösewirkung erzielt. Neueste Erdeauflöser haben als Rührwerke besonders konstruierte Propeller, die eine schnelle Aufschlämmung und gleichmäßige Verteilung der Suspension garantieren.

Im Bild 46 ist das Schema einer Stapelung und Aufbereitung gezeigt. Das Kaolin wird aus dem Vorratsbunker mittels eines Greiferkranes entnommen und der Füllkammer eines Rundbeschickers zugeführt. Dieser Rundbeschicker, der gleichzeitig als Grobdosierbehälter dient, ist über dem Lösebehälter angeordnet. Die im Lösebehälter hergestellte Suspension wird über ein Vibrationssieb zur Reinigung geleitet und in den Vorratsbehälter abgelassen. Dieser Vorratsbehälter ist mit einem Rührwerk ausgestattet, um ein Absetzen der Kaolinteilchen zu verhindern. Die Kaolinsuspension hat im allgemeinen eine Konzentration von 200···400 g/l, die sich stets nach den betrieblichen Bedingungen richtet. Um eine gleichbleibende Konsistenz der Suspension zu gewährleisten, erfolgt in der Vorratsbütte eine Dichteregelung. Aus dem Vorratsbehälter erfolgt dann die Verteilung über Pumpen und Rohrleitungen

auf die Verbrauchsstellen des Betriebes. Im Interesse eines geringen Aufwandes an menschlicher Arbeitskraft werden bei einer modernen Kaolin-Auflöse-Anlage sämtliche Arbeitsoperationen auf einer zentralen Schaltwarte mit Leuchtschaltbild zusammengefaßt und von hier aus ferngesteuert (siehe hierzu auch Ziff. 5.4.1.).

7.2. Leimaufbereitung

Nur in den seltensten Fällen ist es heute noch üblich, den Harzleim durch Kochen und Verseifen selbst herzustellen. Das geschieht bedeutend wirtschaftlicher bei den Leimerzeugern, die sich mit der Herstellung in großem Umfang befassen. Diese Betriebe liefern die Leimmilch oder Emulsion meist mit einer Konsistenz von 25 % und auch 40 % in Fässern bzw. Tankwagen. Es bleibt dem Verbraucher überlassen, sich aus diesem Produkt eine Leimmilch geringerer Konsistenz herzustellen. Das ist vorteilhaft, weil durch eine gute und gleichmäßige Verteilung des Leimes die Voraussetzungen für eine einwandfreie Leimung der Stoffsuspension geschaffen werden. Bekanntlich enthält ein Papiererzeugnis zwischen dem Fasermaterial ein große Anzahl kapillarer Zwischenräume, in die, sofern keine Leimung erfolgte, Tinte bzw. Druckfarbe intensiv eindringt. Durch die Fällung des Leimes im Stoff und die anschließende feuchtwarme Behandlung auf der Trockenpartie wird diese Saugwirkung durch Verstopfen der Faserschläuche aufgehoben. Das gelingt um so besser, je feiner die Harzteilchen im Stoff verteilt sind. Zur Gewinnung einer einwandfreien Leimlösung ist folgendes zu beachten [34]: Freiharzreiche Leime, die einen geringen Anteil an Alkali-Harzseifen enthalten, sind im allgemeinen in jedem Verhältnis in Wasser löslich. Es bedarf deshalb nicht der Einhaltung bestimmter Arbeitsbedingungen wie bei den Leimen, die Alkaliseifen und Freiharz enthalten. Um eine möglichst rückstandsfreie Auflösung vollverseifter Harzleime zu erreichen, ist ein Wasser zu verwenden, das möglichst frei von Erdalkalisalzen ist, damit eine Ausfällung von wasserlöslichem Erdalkaliresinat vermieden wird. Bei Einhaltung vorgenannter Bedingungen können solche Leime bereits in kaltem Wasser verdünnt werden. Für Harzleime mit hohem Freiharzgehalt und hier besonders für solche, die einen niedrigen Wassergehalt haben, sollte man nachstehende Bedingungen beachten:

1. Leim und Lösewasser sind auf Schmelztemperatur zu bringen.
2. Als Lösewasser ist ein möglichst weiches Wasser zu verwenden.
3. Die Auflösung ist mit möglichst großer Geschwindigkeit durchzuführen.
4. Die Temperatur der Lösung ist niedrig zu halten, da bei hohen Temperaturen Neigung zur Harzaggregation und deren Abscheidung in Rohrleitungen und Behältern entsteht.

Bei Leimen, die Alkaliharzseifen und einen mittleren Freiharzgehalt bis zu 20 % aufweisen, genügt im allgemeinen eine Mischung des Leimes mit Wasser durch Verrühren. Dagegen muß bei Auflösung von Leimen mit einem wesentlich höheren Freiharzgehalt zur Vermeidung von Ausscheidungen eine Verdüsung mit einem Strahlapparat nach *Erfurt* oder *Arledter* erfolgen. Mit Hilfe dieser Apparate kann der Leim und das Lösewasser unter Anwendung von Dampf auf die Schmelztemperatur des Leimes gebracht und, so miteinander vermischt, in kaltes Wasser eingeblasen werden. Schlußfolgernd aus diesen Ausführungen ist zu beachten, daß vor der Auflösung

Klarheit über Konsistenz und Zusammensetzung bestehen muß, um keine Fehlschläge zu erleiden.

7.3. Auflösen von Aluminiumsulfat und Natriumaluminat

Aluminiumsulfat [$Al_2(SO_4)_3$] ist das heute am häufigsten verwendete Fällungsmittel in der Papierindustrie. Man unterscheidet zwei Arten, und zwar zwischen einer gewöhnlichen Ware mit einem Kristallwasseranteil von 18 Molekülen und einer konzentrierten Ware mit 12 Molekülen Wasser. Im allgemeinen wird heute nur die konzentrierte Ware verwendet. Das Aluminiumsulfat wird sowohl in Blöcken als auch als Granulat geliefert, wobei das Granulat den Vorteil hat, daß es sich leichter auflösen läßt. Eine Auflösung sollte man grundsätzlich in allen Betrieben durchführen, weil sich dadurch große Vorteile für die Qualität der Leimung und die Höhe des Aufwandes erreichen lassen.
Der erste Vorteil liegt darin, daß durch die Zugabe einer Lösung im Holländer oder in der Mischbütte eine schnellere und gleichmäßigere Verteilung auf die gesamte Stoffsuspension erfolgt und dadurch eine schnelle und gleichmäßige Fällung entsteht. Der zweite, genau so wichtige Vorteil liegt in der Materialeinsparung. Die Herstellung einer Lösung mit einer bestimmten Dichte ermöglicht eine einwandfreie Mengendosierung. Das bedeutet, daß tatsächlich nur die absolut notwendige Menge eingetragen werden kann, wodurch gleichzeitig eine einwandfreie Verbrauchsermittlung möglich ist. Vorab sei bemerkt, daß eine Auflöseanlage für Aluminiumsulfat mit korrosionsfesten Materialien ausgerüstet sein muß. Das gilt auch für Pumpen, Rohrleitungen und Ventile. Man setzt deshalb entweder Behälter, die aus säurefestem Beton hergestellt sind, oder mit Blei ausgeschlagene Holzbottiche ein. Für Pumpen, Rohrleitungen und Ventile verwendet man zweckmäßigerweise V-4-A-Material. Eine einfache Anlage besteht, wie im Bild 47 gezeigt wird, aus einem Lösebottich und ein bis zwei Vorratsbehältern. In dem Lösebehälter befindet sich im oberen Drittel ein Holzrost, auf den die Blöcke geschichtet werden. Durch ein Rohr wird so viel Lösewasser zugeleitet, daß die Blöcke damit bedeckt sind. Man kann den Lösebehälter zur Beschleunigung des Löseprozesses zusätzlich mit einem Rührwerk ausrüsten. Auf diese Weise stellt man eine 10 %ige Lösung her. Das bedeutet also, daß Wasser und Aluminiumsulfat in entsprechendem Verhältnis eingetragen werden müssen. Diese Lösung wird dann in die Vorratsbehälter abgelassen und von dort über Meßgefäße dem Holländer oder der Mischbütte zugeleitet.

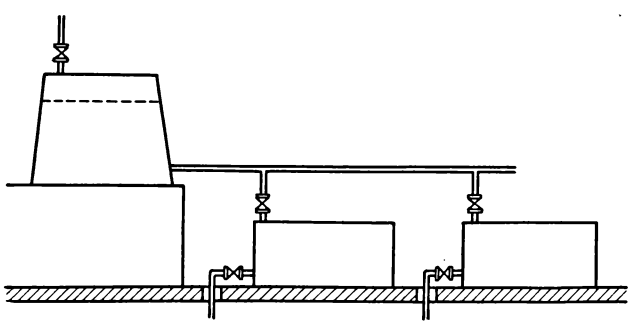


Bild 47. Auflöseanlage für Aluminiumsulfat

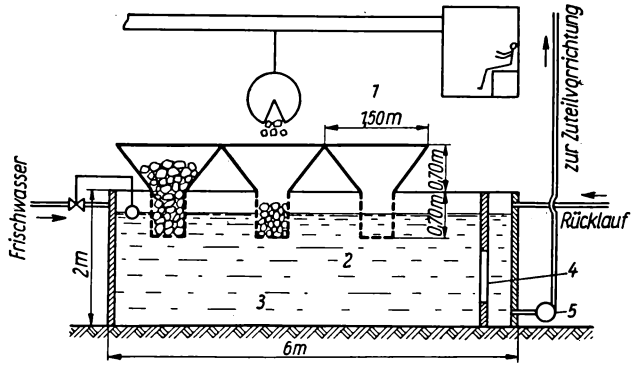


Bild 48. Auflöseanlage für Aluminiumsulfat
(*1*) Löseschächte (Holz),
(*2*) Holzrost,
(*3*) Betonbehälter,
(*4*) auswechselbare Grobsiebe,
(*5*) Säurepumpe

Eine andere Form der Auflösung ist im Bild 48 gezeigt. Über einem Betonbehälter sind Trichter angebracht, die im zylindrischen Teil rostartig ausgebildet sind, so daß der Löseprozeß schnell erfolgen kann. Mit einem Greiferkran werden die Trichter kontinuierlich beschickt. Die Frischwasserzufuhr wird durch einen Schwimmer reguliert, so daß ständig ein gleichmäßiger Wasserstand im Behälter vorhanden ist. Die Lösung wird kontinuierlich durch eine Pumpe abgezogen. Vor der Pumpe ist ein Grobsieb angeordnet, durch das grobe Verunreinigungen zurückgehalten werden. Diese Auflöseanlage benötigt zur Wartung nur eine Arbeitskraft, die den Kran und auch die Anlage selbst bedient.
Neuere und sehr große Anlagen werden so ausgelegt, daß das ankommende Aluminiumsulfat unmittelbar in einen Lösebehälter entladen wird. Zur Beschleunigung des Lösevorganges wird eine Zirkulationspumpe aufgestellt, welche die Lösung ständig umpumpt. Die fertige Lösung wird auf die Vorratsbehälter geleitet und anschließend in besonderen Behältern auf die gewünschte Verbrauchskonzentration gebracht. Die fertige Lösung wird dann den Verbrauchsstellen zugeführt.
In immer stärkerem Umfang wird bei der Herstellung von Papier und Karton das Natriumaluminat als Fällungsmittel in Verbindung mit Aluminiumsulfat verwendet, weil, wie bereits unter Ziffer 4.2.6. erwähnt, sich wesentliche Vorteile für die Qualität des Finalproduktes, den Hilfsstoffverbrauch, usw. ergeben. Natriumaluminat wird als ein amorphes Pulver geliefert. Die Auflösung erfolgt zweckmäßigerweise im warmen Wasser zu einer konzentrierten Lösung mit etwa 30 Volumen-%. Diese Lösung verdünnt man vor dem Gebrauch auf 2,5 Volumen-%. Die Verwendung von warmem Wasser ist notwendig, damit im gelösten Zustand nachstehendes Gleichgewicht besteht:

$$[Al(OH)_3 + OH] \rightarrow [Al\,(OH)_4 \cdot 2\,H_2O]$$

7.4. Auflösen der Farben

Soweit eine Verwendung von Farben überhaupt in Frage kommt, sollten diese vor dem Eintrag in den Stoff auf jeden Fall aufgelöst werden. Das sollte auch dort geschehen, wo es sich nur um kleine Mengen handelt. Das geschieht einmal aus Gründen der Sparsamkeit, zum anderen, um eine gute Auflösung zu erhalten. Dabei ist zu

beachten, daß es sowohl wasserlösliche als auch -unlösliche Farben gibt. Zu den wasserunlöslichen Farbstoffen gehören vor allem die Erd- und Pigmentfarbstoffe. Wasserlösliche Farbstoffe löst man zweckmäßigerweise in heißem Wasser, und zwar so, daß man das Farbpulver in das heiße Wasser gibt. Dabei ist das Wasser nur so heiß zu halten, daß die Löslichkeit von Anilinfarbstoffen nicht überschritten wird. Wasserunlösliche Farbstoffe werden in handwarmem Wasser lediglich aufgeschwemmt. Um eine gute Emulgierung zu erhalten, verwendet man hierzu geeignete, mit Schnellrührern ausgerüstete Farbrührwerke. Die Konzentration der Farblösung wird durch die Messung der Wassermenge und die Wägung des Farbstoffes eingestellt. Zur Lösung wasserlöslicher Farbstoffe stellt man eine Temperatur von 92···95 °C ein. Nach der Auflösung werden die Farblösungen in Vorratsbehälter entleert und von dort auf die Entnahmestellen verteilt. Die Vorratsbehälter rüstet man mit Rührwerken aus, um ein Absetzen zu verhindern.

8. Aufbereitung der Halbstoffe

Die Aufgabe der Stoffaufbereitungsanlage besteht im Zerfasern oder Lösen der Halbstoffe, dem Mischen der einzelnen Stoffkomponenten untereinander und mit den Hilfsstoffen. Darüber hinaus werden in dieser Anlage, sofern es erforderlich ist, die Faserstoffsuspensionen von Nichtfaserbestandteilen gereinigt und einer Mahlung unterzogen. Entsprechend der zu fertigenden Karton- oder Pappensorte ist die Anlage technologisch auszulegen und mit den für die einzelnen Arbeitsgänge erforderlichen Maschinen auszurüsten. Daraus ergibt sich, daß eine Anlage, die nur eine Sorte aus einem Rohstoff fertigt, verhältnismäßig einfach und unkompliziert ist. Dagegen bedarf es bei einer Anlage zur Herstellung von hochwertigem Chromoersatzkarton, der aus mehreren Lagen mit unterschiedlicher und wechselnder Stoffzusammensetzung besteht, einer sehr umfangreichen und vielseitigen Anlage. Es ist von ausschlaggebender Bedeutung für die Auslegung von Stoffaufbereitungsanlagen, daß man den Zustand und die Eigenschaften der Faserstoffe genau kennt, d. h., daß man wissen muß, ob es sich um einen harten oder weichen Stoff handelt, ob ein klassischer, ein Hochausbeute-, eine Kaltnatron- oder ein Halbzellstoff zur Verwendung kommen soll. Wichtig zu wissen ist aber auch, ob und welche Mengen Laubholzfaserstoffe zur Verfügung stehen. Es ist weiterhin wichtig, die Festigkeitseigenschaften im Nullpunkt genau zu kennen. Von diesen Faktoren hängt es ab, welche Mahlgeräte, ob Holländer, Flach- oder Steilkegelrefiner, ob Scheibenrefiner oder Kombinationen der verschiedenen Mahlaggregate eingesetzt werden. Abhängig vom Zustand der Faserstoffe ist ferner die Wahl des Messermaterials, die Anzahl der Messer, die Messerbreite. Bei kontinuierlich arbeitenden Anlagen hängt davon die Art der Schaltung ab, ob Reihen- oder Parallelschaltung der Mahlmaschinen erfolgt oder ob die Zykliermahlung angewendet wird bzw. die Zwischenschaltung von Quellbütten erfolgt. Außerdem machen sich für die einzelnen Faserstoffe, z. B. Laub-und Nadelholzzellstoffe, getrennte Mahlstraßen erforderlich. Es gehört weiterhin dazu, daß die Beschickung der Anlage weitestgehend mechanisiert und bei großen Anlagen auch umfangreich, wenn nicht sogar vollautomatisiert werden muß. Dadurch kann mit einem Minimum an Menschen gearbeitet und die körperlich schwere Arbeit endgültig beseitigt werden. Dieser Umstand schafft die Voraussetzungen für eine hohe Arbeitsproduktivität einer Anlage.

8.1. Klassisches Verfahren

Als klassisches Verfahren bezeichnet man die herkömmliche Art der Aufbereitung mittels Kollergangs, Auflöseholländers, Einweichtrommel und Holländers. Diese Technologie findet man heute in der Karton- und Pappenerzeugung nur noch bei alten Anlagen bzw. dort, wo die Anfertigung von Spezialpappen, z. B. Matrizenpappen, eine Umstellung auf holländerlose Aufbereitung noch nicht zuläßt, weil es bei diesen Pappen auf die Beachtung sehr vieler Feinheiten ankommt, die sich mit den

neuen Anlagen noch nicht einwandfrei beherrschen lassen. Die für das klassische Verfahren erforderlichen Maschinen haben einmal den Nachteil, daß sie zum größten Teil nur periodisch arbeiten können, daß die Einzelaggregate in ihrer Leistung beschränkt sind und daß bei sehr großen Einheiten ein sehr hoher materieller Aufwand erforderlich ist. Allerdings ist bei diesen Anlagen der Energieverbrauch geringer als bei modernen Maschinen, was sich ebenfalls auf die Kosten für die Einheit des Erzeugnisses auswirkt. Außerdem benötigen diese Anlagen eine große Anzahl Wartungs- und Bedienungspersonal, was die Arbeitsproduktivität negativ beeinflußt.
Mit derartigen Aggregaten ausgerüstete Anlagen lassen zwar mit großem Aufwand eine Mechanisierung, aber keinesfalls eine Automatisierung zu.

8.1.1. Auflösen im Kollergang

Der Anlieferungszustand der Halbstoffe, besonders in trockener Form bei Altpapieren und teilweise auch Zellstoffen, macht es erforderlich, vor Eintrag in den Holländer eine Vorzerfaserung vorzunehmen. Ein direkter Eintrag in den Holländer ist unzweckmäßig, weil hier keine einwandfreie Auflösung der Stippen bei wirtschaftlicher Umtriebszeit und mit wirtschaftlichem Energieverbrauch möglich ist. Außerdem tritt hierdurch eine unterschiedliche Mahlbehandlung der einzelnen Fasern während des Mahlens ein, weil diese nicht von Anfang an als Einzelfasern vorliegen. Zur Auflösung der trockenen Halbstoffe verwendet man den Kollergang (Bild 49). Durch die Bearbeitung zwischen den über dem Bodenstein umlaufenden Läufersteinen unterliegen die Fasern hauptsächlich einer knetenden und quetschenden Wirkung, die dadurch hervorgerufen wird, daß die Steine zunächst das Bestreben haben, gerade zu rollen, aber durch die Königswelle, mit der sie verbunden sind, daran gehindert werden. Durch diese Bewegung ergeben sich Laufbahnen, wie sie im Bild 50 dargestellt sind. Die Steine ändern dauernd ihre Bewegungsrichtung und üben dadurch die oben erwähnte Wirkung auf das Fasermaterial aus. Das ist mit einer Schwächung und teilweiser Kürzung der Fasern verbunden, die sich in einer Erhöhung des Mahlungsgrades ausdrücken. Das hat den Nachteil, daß sich bei der Mahlbehandlung im Holländer nicht die Effekte erzielen lassen, die man erwartet, nämlich vor allem eine Fibrillierung der Faser mit dem Ziel der Festigkeitssteigerung. Die im Kollergang entstehenden

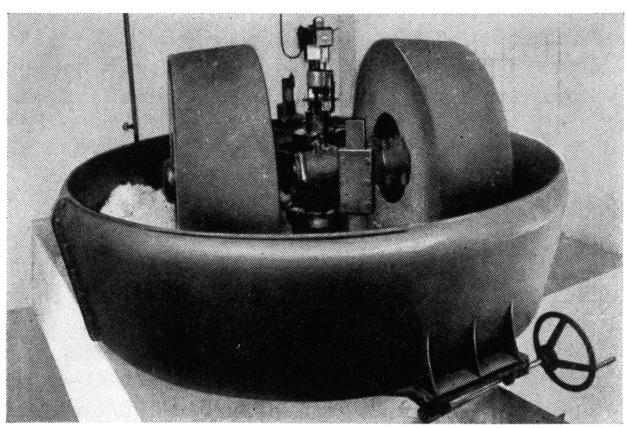


Bild 49. Kollergang

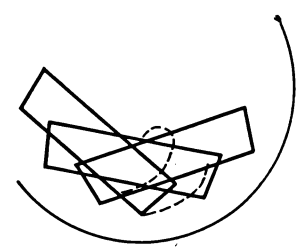


Bild 50. Arbeitsschema der Kollergangsteine

Faserschädigungen wirken sich hauptsächlich auf Reißlänge und Falzzahl aus. Ganz besonders nachteilig wirkt die Arbeitsweise des Kollerganges auf Altpapierstoffe, die schon einmal einer derartigen und daran anschließenden Mahlbehandlung und Papiermaschinenarbeit unterzogen wurden und dabei natürlich Schäden erlitten haben. Trotz vieler Nachteile verzichtet man für manche Spezialerzeugnisse nicht gern auf den Kollergang, da er bei der Eigenart der Faserbehandlung eine Kräuselung der Faser hervorruft, die für hohe Qualitätsforderungen oft erforderlich ist. Ausschlaggebend für die Wirkung und Leistung eines Kollerganges ist die Beschaffenheit der Steine. Als Material für die Herstellung von Kollergangsteinen verwendet man hauptsächlich Sandstein, Granit und Basaltlava. Der Sandstein hat den Nachteil, daß er sich schnell abarbeitet, weil er sehr weich ist. Außerdem wird der Stoff durch den ausgearbeiteten Sand verunreinigt. Allerdings schärft sich der Stein durch das Abarbeiten selbst. Vorteilhafter ist die Verwendung von Granitsteinen, weil das Material bedeutend härter ist und sich am wenigsten abnutzt. Auch ein Ausbröckeln bei stark verunreinigtem Stoff, wie das beim Sandstein der Fall ist, tritt nicht ein. Einen großen Nachteil hat das Material insofern, als der Stein sehr schnell glatt wird. Das tritt vor allem dann auf, wenn harte Stoffe gekollert werden. Durch das Glattwerden macht sich ein vorsichtiges Eintragen der zu kollernden Stoffe erforderlich. Außerdem verlängert sich auch die Umtriebszeit. Um dem entgegenzuwirken, versieht man die Steine mit Quernuten, die etwa 30 mm breit und 5···10 mm tief sind. Es ist zweckmäßig, diese Nuten in einem Winkel von 30° zur Steinachse anzulegen. Auch der Bodenstein sollte in diesem Falle mit Nuten versehen werden. Trotz dieser Nuten ist ein zeitweises Nachschärfen der Steine erforderlich, weil das Glattwerden nicht ausbleibt. Das am besten geeignete Material ist Basaltlava. Basaltlava ist ein Eruptivgestein, das feinblasig und schwammig ist und infolge seiner eigenartigen Struktur stets rauh bleibt.

Kollergänge lassen je nach Größe verschiedene Eintragsmengen zu, die zwischen 200 und 1000 kg liegen. Der Antrieb erfolgt bei Kollergängen in der Hauptsache von unten mittels eines über Getriebe angetriebenen Kegelradpaares bzw. eines ölgekapselten

Tabelle 15. Energieverbrauch und Zeitaufwand beim Kollern

Art des Gutes	Verbrauch an kW/100 kg	Zeitaufwand in min/100 kg
Zellstoff	8,0	20,8
Zellstoff	11,75	31,8
Zellstoff	4,5	nur auflösen
Zellstoff	13,60	gut aufschließen
Zellstoff	36,80	105,0 } ohne Vorbehandlung im Kollergang
Zellstoff, feucht	9,8	21,5 } ohne Vorbehandlung im Kollergang
Zellstoff, trocken	9,755	24,0 } ohne Vorbehandlung im Kollergang
h-freie Späne	13,22	38,0 } ohne Vorbehandlung im Kollergang
hartgeleimtes Papier	12,40	26,0 ohne Vorbehandlung
Altpapier mit hohem Mahlgrad	20,0	— ohne Vorbehandlung
Altpapier mit hohem Mahlgrad	15,0	— ohne Vorbehandlung
holzhaltiges Druckpapier	9,5	— ohne Vorbehandlung
hartgeleimter Ausschuß	4,14	
Altpapier	7,6	
Pergamin	11,0	58,0

Getriebes.[1] Der Eintrag der zu kollernden Stoffe erfolgt in kleinen Chargen, damit eine Verstopfung oder ein Rutschen der Steine vermieden wird. Gleichzeitig wird Wasser zugegeben, und zwar so viel, daß der Stoff einen Trockengehalt von etwa 30···35 % erreicht. Damit der Stoff ständig unter den Steinen gehalten wird, sind innen und außen Schaber angeordnet, die ihn ständig wieder unter die Steine treiben. Die Umtriebszeiten sind unterschiedlich, weil sie von der eingetragenen Rohstoffsorte abhängig sind. Nach *Schwalbe* [35] liegt der Energieverbrauch für die einzelnen Halbstoffarten zwischen etwa 4 und 20 kW je 100 kg Stoff.
Nach der Auflösung ist der Stoff praktisch stippenfrei und damit so vorbereitet, daß er in den Holländer eingetragen werden kann. Bei Altpapier schaltet man allerdings zwischen Kollergang und Holländer noch einen Kollerstoffsortierer.

8.1.2. Auflöseholländer

Infolge der Mängel, die dem Kollergang anhaften, und der vorhandenen wirtschaftlichen Nachteile suchte man nach neuen Auflöseanlagen, die speziell für die Verarbeitung von Altpapier geeignet sein sollten. Sie sollten einmal eine große Leistung haben und weiterhin eine schonende Wiederauflösung des Altpapiers gestatten. Aus diesem Grunde ist der Auflöseholländer als ein Vorläufer des Turbolösers zu betrachten.
Der Auflöseholländer wird speziell für die Auflösung von Altpapierstoffen eingesetzt, wobei zu beachten ist, daß eine stippenfreie Auflösung nicht erreicht wird und deshalb eine nachträgliche Entstippung dort zu erfolgen hat, wo großer Wert auf eine vollkommene Auflösung gelegt werden muß. Im Gegensatz zum Kollergang werden im Auflöseholländer die im Stoff enthaltenen Füll- und Leimstoffe zu einem Teil herausgelöst. Dadurch steigt der Rohstoffverlust, zu dem außerdem noch die Verluste an Fasern und Unrat hinzukommen, auf etwa 20···25 % an.
Bild 51 zeigt die Wirkungsweise eines Auflöseholländers, der über keine Mahlwalze im üblichen Sinne, sondern nur über eine sogenannte Zerreißwalze verfügt, die in großen Abständen mit hohen und kräftigen Messern bestückt ist. Diese Walze erfüllt zwei Aufgaben, und zwar einmal das Zerreißen des eingetragenen Materials und zum anderen die Förderung des Stoffes im Trog.
Das eingetragene Altpapier wird durch die im Trog herrschende Bewegung unter die Walze (1) gezogen, nachdem es vorher durch das Spritzrohr (2) vorgeweicht wurde. An der mit (3) bezeichneten Stelle befindet sich ein Steinfang, in dem schwere Verunreinigungen liegenbleiben. Die Walze treibt das vorgerissene Altpapier über den gelochten Sattel (5). Dabei wird der Teil des Stoffes, der bereits genügend gelöst ist, kontinuierlich abgeführt. Die Wirkungsweise ist folgende: Der sich in der Kammer (8) unter dem Sattel sammelnde Stoff läuft durch das Rohr (9) ab und tritt in den Staukasten (10) über. Der im Trog umlaufende Stoff passiert hinter dem gelochten Sattel einen Grobrechen (6), an dem sich Bindfäden, Schnüre, Lumpen und andere Fremdstoffe festsetzen. Dieser Rechen muß von Zeit zu Zeit gereinigt werden. Zu diesem Zweck wird der Rechen nach oben gedreht, und die Stoffe werden vom Laufsteg (7) aus entfernt. Die Vorteile, die sich durch einen derartigen Holländer ergeben, liegen bei geringem Energieverbrauch in einer großen Leistungsfähigkeit und schonender Faserbehandlung. Nach Angaben von *Trenschel* [36] ist der Energieverbrauch bei den verschiedenen Konstruktionen unterschiedlich, wie aus der Tabelle 16 zu ersehen ist.

[1] Bei älteren Kollergängen findet man auch noch den Antrieb von oben.

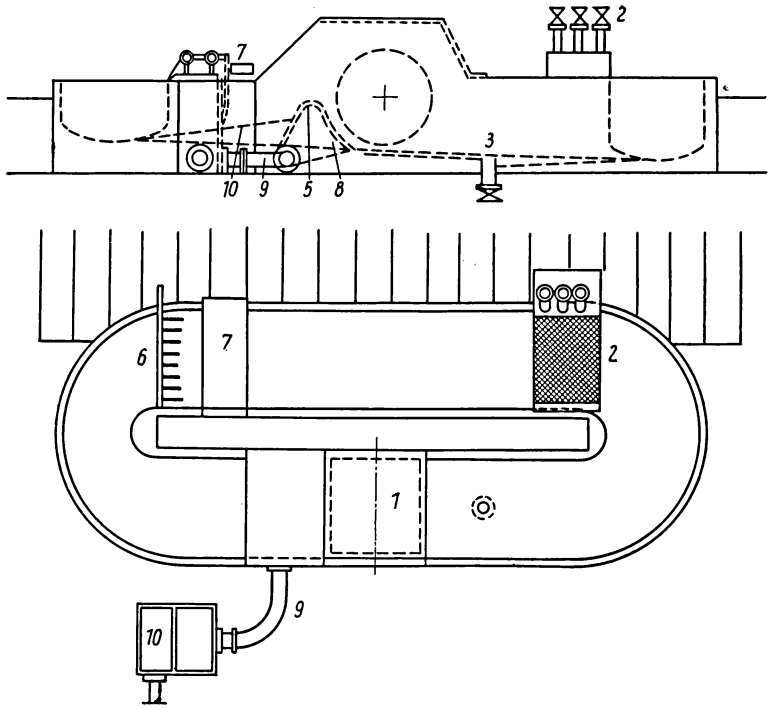


Bild 51. Arbeitsschema eines Auflöseholländers

Tabelle 16. Leistungsdaten von Auflöseholländern

Bauart	Größe	Inhalt in m³	Leistung in t/d	Leistungsbedarf in PS	spezifischer Leistungsbedarf in PS/100 kg/h
	8	3,8	5,7	20	8,4
	10	6,3	10	30	7,2
Kuhn	12	10,1	17,3	50	6,9
	14	18	31	82	6,3
	17	30	56	142	6,1
	20	50	93	230	5,9
Endler	1	15	20	50	6
	2	25	35	85	5,8
	I	3	10	40	9,6
	II	5	15	60	9,6
Aeldert	III	8	25	85	8,2
	IV	10	30	110	8,8

8.1.3. Reinigung der aufgelösten Halbstoffe

Besonders bei Altpapierstoffen, die aus gemischten und stark verunreinigten Altpapieren gewonnen werden, ist eine Reinigung des Stoffes nach dem Kollern notwendig. Neben vielen Konstruktionen für die Stoffreinigung haben sich am besten die rotierenden Kollerstoffsortierer oder auch der Rollsichter bewährt. Diese Maschinen haben vor allem den Vorteil, daß sie eine große Sortierleistung haben und eine geringe Wartung benötigen. Außerdem ist der Energieverbrauch verhältnismäßig gering. Bild 52 zeigt einen rotierenden Kollerstoffsortierer. Diese Maschine ist nach dem Prinzip der konischen Trommeln gebaut. Der Siebzylinder hat als Einbauten Beförderungsschaufeln und Mitnehmer. Die Lagerung der Trommel erfolgt auf Rollen, die gleichzeitig der Drehbewegung dienen. Der Kollerstoff wird über den Einführtrichter am kleinen Durchmesser der Trommel mittels Einführschnecke zugeführt. Durch die Drehung der Trommel erfolgt ein ständiges Durcheinanderwirbeln des Stoffes, der durch die Einbauten hochgenommen wird. Der Stoff fällt durch die Sieblochung der Trommel hindurch und wird darunter von einem Schneckentransporteur aufgenommen und der Weiterverarbeitung zugeleitet. Die groben Verunreinigungen und Fremdbestandteile werden bis zum Trommelende gefördert und dort ausgeworfen. Eine solche Trommel hat eine Stundenleistung von etwa 130···150 kg Stoff/m² Siebfläche.

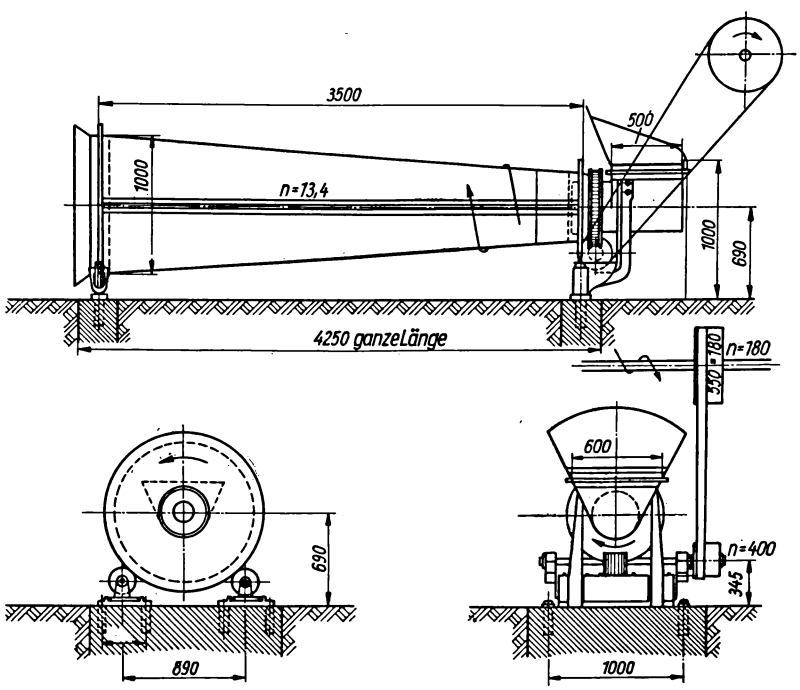


Bild 52. Kollerstoffsortierer

8.1.4. Ganzstoffaufbereitung im Holländer

8.1.4.1. Vorgänge bei der Stoffmahlung

Eine alte Papiermacherregel lautet: „Papier wird im Holländer gemacht!" Diese Regel gilt in der modernen Stoffaufbereitung nur noch zum Teil und dann nur dort, wo es sich um Anlagen für Spezialerzeugnisse handelt, beispielsweise der Erzeugung von Matrizenpappe oder Preßspan und ähnlicher Sorten.
In allen anderen Fällen mußte der Holländer dem Turbolöser und der Hydromühle sowie modernen Mischeinrichtungen weichen. Neben den der eigentlichen Blattbildung dienenden Aggregaten ist der Holländer die wichtigste Maschine, weil hier die Mischung der Halb- und Hilfsstoffe sowie die Mahlung der Halbstoffe zu Ganzstoffen erfolgt.

Zweck der Mahlung

Die mechanische Bearbeitung der Halbstoffe im Holländer verwandelt den Halbstoff in den Zustand, der für die Eigenart des herzustellenden Kartons oder der Pappe erforderlich ist, und zwar durch Veränderung der Faserform [37]. Diese Veränderung wird durch die „Stoffmahlung" herbeigeführt, und zwar durch mechanische Bearbeitung der Halbstoffasern, die sich in einem aus Fasern und Wasser bestehenden Brei befinden, mit Hilfsmitteln, die die Fasern zerteilen und quetschen.

Veränderung der Fasern durch das Mahlen

Die Mahlung wird fast ausschließlich bei den Faserstoffen vorgenommen, deren Fasern lang sind, d. h. also besonders bei Nadelholzzellstoffen. Bei Halbstoffen, die von vornherein reich an Kurzfasern sind, wie Holzschliff, Stroh- und Laubholzzellstoffe, und dazu gehört in nicht unerheblichem Maße auch das Altpapier, würde man auf Kosten längerer Faserelemente nur Fasertrümmer und dadurch einen wenig verfilzungsfähigen Stoff bekommen.
Die durch die Mahlung zu bearbeitenden Halbstoffasern sind langgestreckte Gebilde mit verhältnismäßig geringer Dicke. Bei Zellstoffasern von der Fichte ist das Verhältnis Dicke zu Länge etwa 1:80. Diese langgestreckten Fasern können theoretisch auf zweierlei Weise zerkleinert werden. Einmal geschieht das durch Querteilung unter Beibehaltung der Dicke. Dabei erhält man bei einmaliger Teilung zwei Stücke mit einem Verhältnis von 1:40, bei weiterer Teilung dieser Stücke würden dann vier Stücke im Verhältnis 1:20 gewonnen werden und so fort, bis endlich das Verhältnis 1:1 erreicht würde. Die andere Möglichkeit ist die Beibehaltung der Länge und ein Zerspalten in Längsrichtung. Die Vorgänge bei der Durchführung der Zerkleinerung sind sehr verwickelt. Eine reine Quer- oder Längsteilung ist praktisch nicht durchführbar. Durch die Zerkleinerung in kleine Stücke läßt sich der Charakter der Fasern insofern noch verändern, als sie biegsamer, geschmeidiger und plastischer gemacht werden. Ein Faserstoff, der aus Fasern und Faserstücken besteht, der also bei der Entwässerung ein lockeres, weniger dichtes Gefüge ergibt und dadurch das Wasser auch leicht abgibt, wird als rösch bezeichnet, während ein Faserstoff aus geschmeidigen, biegsamen Fasern, der sich bei der Entwässerung eng aneinanderlegt, untereinander verhakt und umschlingt und dadurch ein dichtes Fasergefüge ergibt sowie das Wasser schwer abgibt, als schmierig bezeichnet wird.

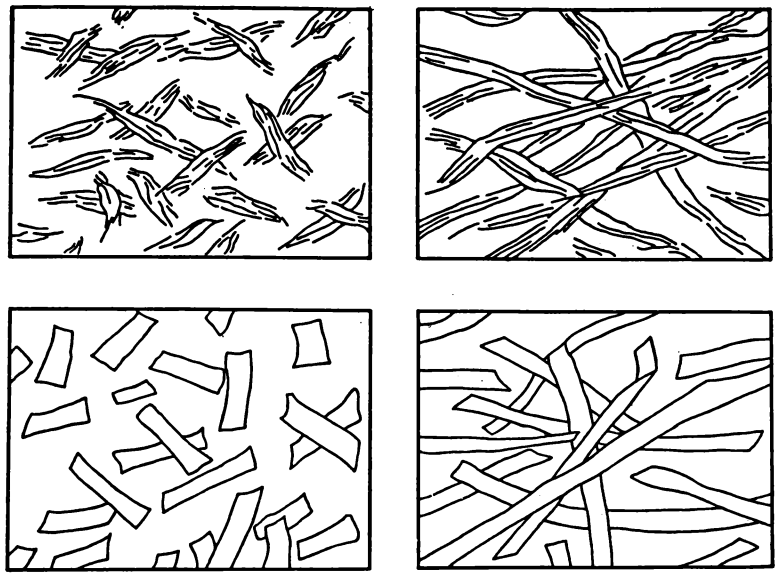


Bild 53. Die vier typischen Mahlungszustände

Es gibt Faserstoffe, bei denen lange, und solche, bei denen kurze Fasern vorherrschen. Langfaserige Stoffe, die ein wenig dichtes Gefüge ergeben, werden als „rösch lang", und solche, die die gleichen Eigenschaften aufweisen, die aber an kurzen, quergeteilten Fasern reich sind, werden als „rösch kurz" bezeichnet. Dementsprechend bezeichnet man die überwiegend aus langen, aber durch Quetschmahlung geschmeidig gemachten Fasern bestehenden Stoffe als „schmierig lang", während die Stoffe, die überwiegend kurze Fasern gleichen Charakters enthalten, als „schmierig kurz" bezeichnet werden. Bild 53 zeigt die soeben erläuterten vier typischen Mahlungszustände.

Stoffmahlung

Die Mahlung geschieht so, daß der aus Halbstoffasern und Wasser bestehende Brei zwischen dem feststehenden Grundwerk und der sich drehenden Mahlwalze bearbeitet wird. Der Abstand und der Druck dieser beiden Mahlelemente ist regelbar. Bei dem Holländer besteht die Mahlwalze aus einem mit messerartigen Vorsprüngen versehenen Körper. Die Messer sind gleichlaufend zur Achse rings um die Walze angeordnet. Das Grundwerk besteht beim Holländer aus den gleichen Messern, hat aber eine wesentlich geringere Anzahl als die Walze. Man kann nun durch verschiedenartig angeordnete Messer mehr eine Querteilung oder Quetsch- und Längsteilung der Fasern zwischen dem feststehenden Grundwerk und der sich drehenden Mahlwalze erreichen. Diese Querteilung wird begünstigt durch Messer geringer Breite, Verwendung scharfkantiger Messer, günstige Stellung der Grundwerks- und Walzenmesser, und zwar in einem Winkel, der größer als 3° und kleiner als 15° ist. Eine weitere Begünstigung der Querteilung der Fasern tritt durch Verringerung des Abstandes zwischen den Walzen- und Grundwerksmessern und Anwendung geringer Stoffdichte ein. Dagegen erreicht man mit breiten Messern, der Verwendung stumpfer sowie der

Wahl geeigneter Messerstellungen zwischen Walzen- und Grundwerksmessern eine Quetschmahlung. Wird der Abstand zwischen Walze und Grundwerk vergrößert und die Stoffdichte erhöht, so tritt ebenfalls eine Quetschmahlung ein. Um schmierigen Stoff zu erreichen, muß demzufolge mit einer hohen Stoffdichte von 8 % und mehr gemahlen werden, während für rösche Mahlung eine Stoffdichte im Holländertrog von 3···5 % ausreichend ist.

Wirkungsweise der Mahlung

Die Wirkung der Mahlung beruht auf der mechanischen Bearbeitung der Fasern unter Zuhilfenahme von Wasser. Die Zellulosefaser hat die Eigenschaft, Wasser in der Weise aufzunehmen, daß es nicht mechanisch, sondern nur durch Trocknung wieder zu entfernen ist. Parallel mit dieser Wasseraufnahme geht die Quellung, eine Verbreiterung der Faser um etwa 10···30% und eine Kürzung in der Längsrichtung um etwa 0,1 %. Man kann die Quellung durch Zugabe von Chemikalien noch begünstigen. Die gequollene Zellulosefaser ist wesentlich geschmeidiger und plastischer als die nicht gequollene. Die Wirkung der Quellung ist von der Zeit abhängig, die notwendig ist, um ein Quellungsmaximum zu erreichen.
Einen Einfluß auf die Quellung und das Verhalten der Faser bei der Quetschmahlung haben Art und Menge der in der Faser enthaltenen Zellulosebegleiter, wie Pentosane, Holzgummi, Fette usw. Herkunft und Art der Faser sowie die Aufbereitungsart beeinflussen die Mahlung ebenfalls.

Mahlholländer

Im Laufe der Entwicklung hat es nicht an Konstruktionen der verschiedensten Art gefehlt, die alle das Ziel hatten, den Mahlholländer zu einer wirtschaftlich arbeitenden Maschine zu machen. Abgesehen von der Leistung einer Maschine ist es wesentlich, mit geringstem Aufwand an Energie, bezogen auf die Mengeneinheit des aufbereiteten Stoffes, auszukommen. Der Gesamtleistungsbedarf eines Mahlholländers setzt sich aber aus mehreren Komponenten zusammen, nämlich der reinen Leerlaufarbeit, der Arbeit für das Auflösen und Mahlen des Stoffes, der Förderarbeit, die notwendig ist, um den Stoff hinter der Walze über den Kropf zu heben, und der Umtriebsarbeit für den Stoff im Trog. Gegenüber den alten Holländern, die mit einem mehr oder weniger hohen Kropf ausgerüstet waren, der einen großen Energieaufwand für die Förderarbeit verlangte, ist heute der sogenannte Überwurfholländer als der am wirtschaftlichsten arbeitende Holländer zu bezeichnen. Dieser Holländer hat den großen Vorteil, daß er eine gute Durchmischung und damit gleichmäßige Mahlbeanspruchung der gesamten Stoffmenge bei hoher spezifischer Mahlbelastung gewährleistet. Gegenüber den bisher bekannten Bauarten liegt die Mahlwalze am Endes des Troges, während das Grundwerk hinter der Walze angeordnet ist. Die Haube schließt direkt tangential an den Trog an. Der von der Walze erfaßte Stoff wird über den Scheitel derselben gehoben und in eine Rinne geschleudert, die unmittelbar vor der Walze liegt. Aus dieser Rinne läuft der Stoff in den seitlichen Kanal, der hier schmaler als der vor der Walze liegende ist. Durch diese Form des Holländers wird eine gute Stoffmischung erzielt. Im Bild 54 ist die Wirkungsweise dieser Holländerbauart dargestellt. Die Walzenbreite beträgt 2000···2500 mm und der Durchmesser etwa 1000 mm, so daß ein Verhältnis von Durchmesser zu Breite von 1:2 bis 1:2,5 erreicht wird. Die Walzenmasse beträgt etwa 8000 kg. Die Holländerwalze besteht aus einem gußeisernen Hohlkörper. Beim

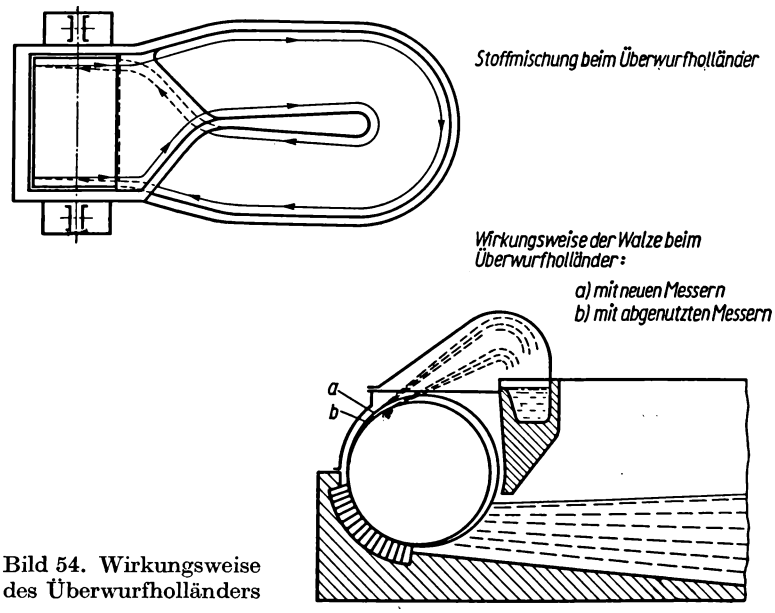


Bild 54. Wirkungsweise des Überwurfholländers

Ganzzeugholländer sind die etwa 80 Messer auf den ganzen Umfang gleichmäßig verteilt. Aus den Walzenabmessungen und der Bemesserung ergibt sich eine sehr große Mahlfläche und eine hohe Mahlleistung dieses Holländers. Der Abstand der einzelnen Messer beträgt 50···60 mm. Dieser Abstand wird durch Holzleisten aus gutem, astreinem Hartholz gebildet, das vor dem Einbau gut abgelagert sein soll. Die zwischen den Messern entstehenden Zellen sind etwa 40···60 mm tief. Infolge Abarbeitung der Messer verringert sich die Zellentiefe. Um die alte Tiefe wieder herzustellen, holzt man die Walze von Zeit zu Zeit aus. Das kann aber nur ein- bis zweimal erfolgen, weil sonst die Beilagen zu schwach werden und die Messer nicht mehr halten. Im allgemeinen stellt man die Walzenmesser parallel zum Grundwerk. Den zwischen den Messern vorhandenen Zellen kommt die Aufgabe der Stofförderung zu. Die Umfangsgeschwindigkeit der Holländerwalzen liegt zwischen 10 und 12 m/s. Will man jedoch eine schneidende Wirkung erzielen, so ist es vorteilhaft, die Grundwerksmesser schräg zu den Messern der Mahlwalze zu stellen. Bei der Arbeit des Holländers muß man zwischen der reinen Mahl- und der Mischarbeit als dem produktiven Anteil und der Förderarbeit als dem unproduktiven Teil unterscheiden. Trotzdem sollte man die Förderarbeit nicht als vollkommen unproduktiv bezeichnen, da durch die Qualität dieser Arbeit die Mahlarbeit eines Holländers und dadurch auch die Gesamtleistung beeinflußt wird. Es kommt aber darauf an, den Anteil der Förderarbeit durch entsprechende Trogkonstruktionen so gering wie möglich zu halten und den Anteil der produktiven Arbeit zu erhöhen. Bei älteren Holländerkonstruktionen kann man rechnen, daß maximal etwa 40 % der aufgewendeten Energie als produktiver Anteil anfallen, während etwa 60 % und darüber für Leerlauf und Förderarbeit erforderlich sind. Demgegenüber benötigen moderne Holländerkonstruktionen bis zu 70 % und mehr der aufgewendeten Energie für die reine Misch- und Mahlarbeit. Damit ist ein höherer Grad der Wirtschaftlichkeit gegenüber den alten Konstruktionen gegeben.

Holländerbeschickung

Die Beschickung der Holländer ist von der örtlichen Situation abhängig. Es ist grundsätzlich davon auszugehen, daß der Eintrag der Halb- und Hilfsstoffe schnell und mit geringstem Aufwand an menschlicher Arbeitskraft erfolgen muß, um dadurch tote Zeiten auszuschalten und mit einer hohen Arbeitsproduktivität zu arbeiten.
Dabei ist die Form des Eintragens wiederum davon abhängig, in welcher Form die Halb- und Hilfsstoffe zur Verfügung stehen. Die zweckmäßigste Form ist immer die, daß die Halbstoffe, in Vorratsbütten bereits auf Holländerkonsistenz verdünnt, mittels Pumpen direkt in den Holländer befördert werden können. Der Stoff selbst soll auf jeden Fall vorzerfasert sein, weil dadurch die Holländerarbeit verkürzt und tatsächlich auf das reine Mischen und Mahlen einschließlich der notwendigen Förderarbeit beschränkt wird. Die vorzerfaserten Stoffe bieten den Vorteil, daß sie mittels Druckluft leicht gefördert und dann über einen Silo in den Holländer eingetragen werden können. Dabei ist jedoch zu beachten, daß der Stoff nicht zu naß ist, d. h., der Trockengehalt soll bei 25···30 % liegen, damit ein Verstopfen der Leitungen vermieden wird. Die Förderung erfolgt mittels Hochdruckgebläses bei einem Überdruck von 0,15···2,2 at. Die Zuführung des Stoffes in die Blaseinrichtung erfolgt über speziell hierfür gebaute Aufgabeapparate. Bild 55 zeigt einen Zellenzuteil-

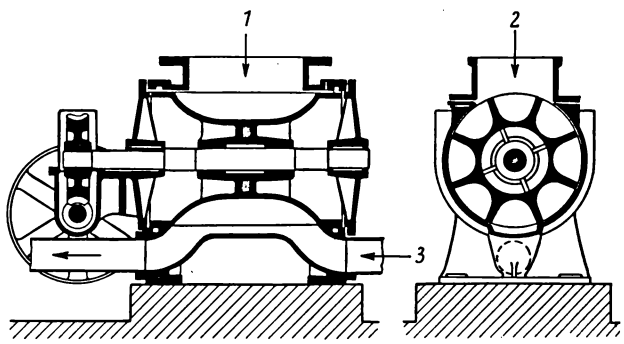


Bild 55. Druckluft-Förderanlage für Kollerstoff
(*1*) Trommel, (*2*) Zellen, (*3*) Luftkanal

apparat. Wie aus dem Bild zu ersehen ist, wird der Stoff von oben zugeführt und durch die Zellen in die Blasleitung geführt. Auf diese Weise erfolgt auch ein einwandfreier Luftabschluß nach außen. Der Leistungsbedarf einer derartigen Anlage ist von dem zu fördernden Gut selbst und dessen Zustand abhängig. Bei Kollerstoff oder auf Schneckenpressen entwässertem Stoff liegt der Leistungsbedarf etwa folgendermaßen [38]:

Tabelle 17. Leistungsbedarf von Blaseinrichtungen für Kollerstoff

Entfernung in m	Leistungsbedarf in PS	kWh/t
50	3,0	22,0
100	4,8	28,0
200	6,8	48,0
500	10,5	77,0

Eine andere Form der Stoffzuführung ist die mittels Gummitransportbands. Es ist zweckmäßig, die Bänder direkt über die Holländer zu führen und den Stoff mit Abstreichern in die Holländer zu leiten. In diesem Fall ist der Einbau einer Bandwaage und damit eine mengenmäßige Erfassung des eingetragenen Stoffes möglich. Auf jeden Fall sind die eingetragenen Mengen, ganz gleich, ob es sich um eine oder mehrere Sorten handelt, genau zu messen und zu wägen. Das ist einmal notwendig, um tatsächlich laufend die gleiche Stoffzusammensetzung für eine bestimmte Sorte zu erhalten, welche die Voraussetzung für eine gleichmäßige Qualität ist. Zum anderen ist damit eine laufende Kontrolle der verwendeten Roh- und Hilfsstoffe möglich. Die mengenmäßige Erfassung ist auf verschiedene Weise durchführbar. Man erfaßt entweder die einzelnen Stoffkomponenten, wie bereits erwähnt wurde, durch Wägung, die gegebenenfalls auch in anderer Form erfolgen kann, oder man nimmt bei Stoffsuspensionen zunächst eine Dichteregelung vor, erfaßt dann die Suspensionsmenge und rechnet auf atro Stoff um. Ähnlich ist mit den Füll- und Leimstoffen zu verfahren. Diese werden dem Holländer über Meßgefäße als fertige Suspensionen oder Lösungen zugegeben.

Mahlung der Halbstoffe

Ein ausschlaggebender Faktor ist die Mahldauer, d. h. die Zeit, die erforderlich ist, um einen Stoff für eine bestimmte Sorte fertigzumahlen; sie ist von den verschiedensten Faktoren abhängig. Es ist deshalb auch nicht einfach, hierfür Rezepte zu geben. Die Faktoren, die einen Einfluß auf die Mahldauer haben, sind die Bauart und Größe des Holländers, der Charakter der zu mahlenden Halbstoffe, die Konsistenz, mit der gearbeitet wird, und nicht zuletzt die Qualität des Ganzstoffes, die erreicht werden soll. Zweifellos ist es aber notwendig, besonders darauf zu achten, welche Halbstoffe gemahlen und welche nur aufgeschlagen werden müssen.
Das ist besonders bei Altpapierstoffen zu beachten, die oft nur mit einem geringen oder gar keinem Anteil an Neufasern verarbeitet werden. Sofern Altpapierstoffe allein aufbereitet werden, wie das z. B. bei Graupappen der Fall ist, entstehen derartige Probleme nicht. Man sollte jedoch bis zu einem gewissen Grade darauf achten, daß nicht gerade stark holzhaltige mit holzfreien Papieren zusammen verarbeitet werden. Sofern Zellstoffanteile zum Eintrag kommen, ist auf jeden Fall so zu verfahren, daß diese getrennt von Altpapierstoffen gemahlen werden, wobei entweder der Zellstoff vorgemahlen und das Altpapier dann zugegeben wird oder eine vollkommen getrennte Behandlung beider Komponenten erfolgt, die anschließend gemischt werden. Das trifft ganz besonders dort zu, wo es sich um harte Stoffe mit hoher Mahlresistenz und damit langsamer Mahl- und Festigkeitsentwicklung handelt. Die getrennte Mahlung ist notwendig, weil Altpapierstoffe schon von ihrer ersten Mahlbehandlung her einen mehr oder weniger hohen Mahlungsgrad aufweisen, während der Zellstoff vollkommen unbehandelt ist. Bei der gemischten Mahlung führt das dazu, daß das Stoffgemisch bei Beendigung der Mahlung wohl den gewünschten Mahlungsgrad erreicht hat, bedeutet aber keineswegs, daß der Zellstoffanteil die gleiche Mahlentwicklung genommen hat wie das Altpapier. Es wird vielmehr sogar so sein, daß der Zellstoffanteil kaum eine Mahlbeanspruchung erfahren hat und von dem Altpapieranteil ein großer Teil des Stoffes viel zu hoch ausgemahlen ist. Das führt zu mangelnder Festigkeitsentwicklung, deren Ursache die zu geringe Mahlentwicklung des Zellstoffes ist. Bei falscher Mahlarbeit kann das dazu führen, daß der Zellstoff einen günstigen Mahlungsgrad erreicht und dabei der Altpapierstoff bereits tot gemahlen ist. Einen

nicht unwesentlichen Einfluß auf die Mahlarbeit hat der Mahldruck. Unter Mahldruck ist der Druck zu verstehen, der auf den Stoff ausgeübt wird, wenn er sich zwischen Walzen- und Grundwerksmessern befindet. Die Höhe des Mahldruckes hängt von verschiedenen Faktoren ab. Durch die Masse der Mahlwalze, die Walzenbelastung, den Riemenzug und die zusätzlichen Belastungsgewichte ist dieser Mahldruck beeinflußbar. Nach *Müller* [39] läßt sich der Mahl- oder Quetschdruck, wie er ihn bezeichnet, wie folgt berechnen:

$$p = \frac{GD\pi}{bZ_0 s_0 Z_1 s_1} = \text{kp/cm}^2 \text{ spezifischer Mahldruck (Quetschdruck).}$$

Dabei bedeuten:
G = die wirksame Walzenmasse in kg,
Z_0 = Zahl der Grundwerksmesser,
s_0 = Dicke der Grundwerksmesser in cm,
Z_1 = Zahl der Walzenmesser,
s_1 = Dicke der Walzenmesser in cm,
b = Walzenbreite in cm,
D = Walzendurchmesser in cm,

Unter Verwendung des spezifischen Mahldruckes und der Mahlfläche läßt sich dann weiterhin der reine Leistungsbedarf für die reine Mahlarbeit berechnen: Wenn F = Mahlfläche in cm² bedeutet, dann ist

$$G = Fp \text{ oder } p\frac{FpD\pi}{bZ_0 s_0 Z_1 s_1} = \text{kp/cm}^2 \text{ spezifischer Mahldruck,}$$

$$F = Z_0 s_0 Z_1 s_1 \frac{b}{D\pi} \text{ Mahlfläche in cm}^2.$$

Bei dieser Berechnung ist zugrunde gelegt, daß die Walzen- und Grundwerksmesser parallel zueinander angeordnet sind, die Walze einen Vollzylinder mit einer Breite b darstellt, die auf den Grundwerksmessern eine Auflagefläche von $s_0\, b$, d. h. auf Z_0 Grundwerksmessern $Z_0\, s_0\, b$ cm² ergibt. Erfolgt jedoch eine Schrägstellung der Messer, die heute oft beim Grundwerk $3 \cdots 7°$ zur Walzenachse beträgt, so vergrößert sich die Auflagefläche. Dann ist die Berechnung der Mahlfläche wie folgt durchzuführen:

$$F = \frac{Z_0 s_0}{\cos \delta_0} \; \frac{Z_1 s_1}{\cos \delta_1} \; \frac{b}{D\pi} = \text{Mahlfläche in cm}^2.$$

δ_0 = Schrägwinkel der Grundwerksmesser, δ_1 = Schrägwinkel der Walzenmesser.

Der Leistungsbedarf für die reine Mahlarbeit errechnet sich dann nach folgender Formel:

$$N_3 = \frac{Fp\mu v}{75} = \text{PS}.$$

Dabei bedeuten:

N_3 = Leistungsbedarf nur für das Mahlen von 100 kg Stoffeintrag in PS,
p = spezifischer Mahldruck in kp/cm²,
F = Mahlfläche in cm²,
v = Umfangsgeschwindigkeit der Mahlwalze in m/s,
μ = spezifischer Mahlkoeffizient.

8.2. Holländerlose Aufbereitung

Die Bestrebungen, den Kollergang und den Holländer durch Maschinen zu ersetzen, die wirtschaftlicher und vor allem auch kontinuierlich arbeiten und dadurch einen geringen Aufwand an menschlicher Arbeitskraft erfordern, sind nicht neu. Es seien hier nur der Auflöseholländer zur kontinuierlichen Auflösung von Altpapieren, die Kingsland-Stoffmühle und der Zentrifugalholländer zur kontinuierlichen Stoffmahlung erwähnt. So schreibt *Hofmann* [40] wörtlich: „Kingsland's Stoffmühle: T. Kingsland von Franklin Essex County im Staate New-Jersey, Amerika, erhielt im Jahre 1856 das im Jahre 1871 erneuerte Patent für eine Stoffmühle, welche dazu bestimmt war, alle Arbeit der Ganzzeugholländer mit Ausnahme von Waschen und Mischen des Stoffes zu übernehmen. In den Fabriken der Herren T. und R. Kingsland werden diese Maschinen auch heute noch (1875) mit Stoff gespeist, welcher nicht viel feiner ist als Halbzeug, und die damit erzeugten Fabrikate gehören zu den besten feinen Buch- und Schreibpapieren des New-Yorkes Marktes." Weitere Entwicklungen auf diesem Gebiet waren der Zentrifugalholländer von *Kirchner*, die Drehkreuzmühle und die Kegelstoffmühle. Alle diese Aggregate haben aber infolge ihrer geringen Leistung und des hohen Energieverbrauches nicht das Ergebnis gezeitigt, das von ihnen erwartet wurde. Erst nach dem 2. Weltkrieg setzte eine rapide Entwicklung auf diesem Gebiet ein. Es wurden zahlreiche Maschinen zur kontinuierlichen Auflösung und Mahlung von Faserstoffen entwickelt.

8.2.1. Auflösen der Halbstoffe im Stofflöser

Die Stofflöser (Pulper) dienen der Vorzerfaserung und haben die Aufgabe, den in Blattform eingetragenen Stoff so weit zu lösen, daß er in pumpfähigen Zustand versetzt und damit reif zur weiteren Verarbeitung gemacht wird. Zur Erzeugung der benötigten Wasserwirbelung im Lösebehälter dienen rotierende Scheiben und Flügel, die mit entsprechend geformten Schaufeln ausgerüstet sind. Auch mit Längsrippen versehene doppeltkonische Rotationskörper kommen zur Anwendung. Das eingetragene Blatt wird durch die erzeugte Wirbelung und Zirkulation im Stofflöser einer hohen inneren Reibung ausgesetzt. Die mechanische Wirbelung wird durch zwei Faktoren bestimmt, und zwar einmal durch die unmittelbare Berührung des Blattes mit den Rotationskörpern und zum anderen durch die Wirbelung des sich bewegenden Behälterinhaltes gegenüber der relativ ruhenden Fasermenge. Das hat den Vorteil, daß gegenüber dem Kollergang keine mechanische Beanspruchung der Faser eintritt und damit ein schonendes Herauslösen aus dem Faserverband ohne Beeinträchtigung der Festigkeitswerte eintritt. Lediglich eine geringfügige Steigerung des Mahlungsgrades tritt ein. Ein in der Deutschen Demokratischen Republik vom VEB Papiermaschinenwerke Freiberg entwickelter Stofflöser ist der Turbolöser. Ein wesentliches Moment, das bei der Konstruktion der Turbolöser berücksichtigt wurde, ist die Möglichkeit, speziell bei Altpapierstoffen bereits während des Löseprozesses eine Grobreinigung durchzuführen. Damit kommt praktisch eine Vorsortierung im bisher gebräuchlichen Sinn in Wegfall. Weiterhin hat der Turbolöser den Vorteil, daß in ihn ganze Ballen, bei denen lediglich die Drahtbindung geöffnet ist und am Ballen verbleibt, eingetragen werden können. Die Turbolöser können sowohl diskontinuierlich als auch kontinuierlich arbeiten. Es muß aber bedacht werden, daß mit diesen Maschinen, wenn sie wirtschaftlich arbeiten sollen, im allgemeinen keine vollkommen

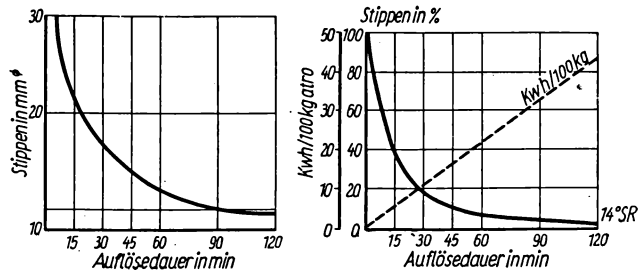


Bild 56. Stippengehalt in Abhängigkeit von der Lösedauer

stippenfreie Auflösung erfolgen kann. Ausschlaggebende Bedeutung hat bei jeder Stofflöserkonstruktion das Verhältnis des Rotordurchmessers und seine Umfangsgeschwindigkeit zur Behältergröße, weil dadurch die richtige Zirkulation der Stoffsuspension im Löser bestimmt wird. Hiervon sind aber andererseits die Qualität der Aufschlußarbeit, die Aufschlußdauer und der spezifische Energieverbrauch sehr wesentlich abhängig. Es ist jedoch möglich, in kürzester Zeit das eingetragene Blatt zu 80 % in Einzelfasern zu zerlegen. Bild 56 dokumentiert, daß bei zunehmender Lösedauer der Stippengehalt zwar abnimmt, der Energieverbrauch aber bedeutend ansteigt. Außerdem ergibt sich aus der längeren Lösedauer gleichzeitig eine geringere Leistung der Maschine. Die Stofflöser arbeiten mit Stoffdichten, die bei Altpapier je nach Konstruktion der Maschine zwischen 1,5 und 6 % und bei Zellstoffen zwischen 4 und 7 % liegen. Der Leistungsbedarf schwankt je nach Art des Stoffes zwischen 0,4 und 3,5 kW je Tagestonne.

Die verschiedenen Stofflöserkonstruktionen sind durch unterschiedliche Formen der Lösebehälter und der Rotationskörper gekennzeichnet. So gibt es Stofflöser, deren Behälter rund, rechteckig, dreieckig, kleeblattförmig gebaut und deren Rotationskörper senkrecht oder liegend angebracht sind. Die Stofflöser werden auch in verschiedenen Größen und somit auch in verschiedenen Leistungen gebaut [41].

Tabelle 18. Technische Daten der vom VEB Papiermaschinenwerke Freiberg gebauten Turbolöser

Type	Leistungsbedarf in kW	Leistung in t/d	Stoffdichte in %	Rauminhalt in m³	Dmr. der Bütte in mm	Gesamthöhe in mm	Breite in mm
TL 6	10	3··· 6	2···6	0,22	610	1300	2300
TL 12	20	10··· 15	2···6	1,1	1212	1865	2300
TL 20	50	15··· 20	2···6	4,6	2014	2812	2860
TL 27	—	25··· 40	2···6	10	2800	3570	3600
TL 33	100	45··· 90	2···6	18	3320	5100	4900
TL 40	120	70···120	2···6	30	4200	4860	4900

Bild 57 zeigt einen Turbolöser des VEB Papiermaschinenwerke Freiberg mit senkrechter Welle vom Typ TL 33.

Als Aufschlag- und Umwälzorgan dient ein schaufelbesetzter Rotor, der von einem Siebring umgeben ist. Auf dem Behälterboden sind feststehende Schaufeln ange-

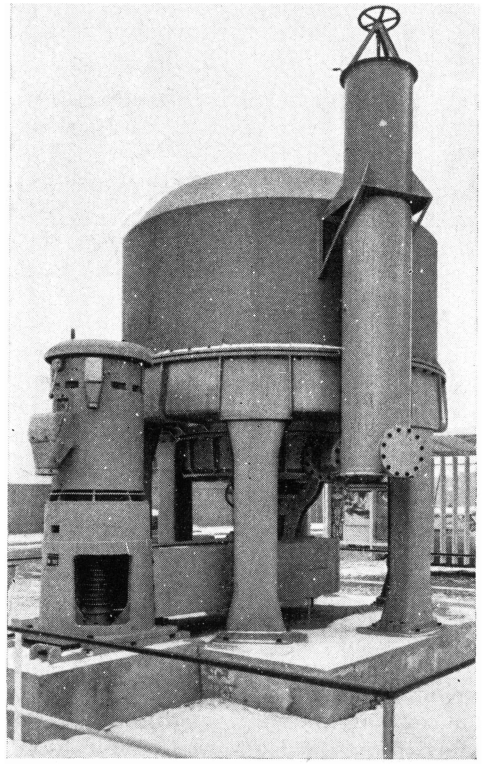


Bild 57. Turbolöser TL 33

bracht, die den rotierenden Troginhalt abbremsen und dazu beitragen, daß die dem Turbolöser charakteristische Stoffbewegung erreicht wird. Dadurch wird eine hohe Relativgeschwindigkeit zwischen Lösegut und den Auflöseorganen erzielt.

Als Konstruktion mit waagerechter Welle ist der im Bild 58 gezeigte Stofflöser zu betrachten. Dieser Stofflöser eignet sich besonders für den kontinuierlichen Betrieb zur Auflösung von Altpapier. Auf horizontaler Welle ist eine Zerreißscheibe angebracht. Durch die Form der Zerreißscheibe wird die Stoffsuspension in der Mitte angezogen, von der Garnierung erfaßt, beschleunigt und wieder abgestoßen. Dadurch entsteht in diesem Stofflöser die turbulente Wirbelung. Die Zerreißscheibe ist von einem Sortiersieb umgeben, durch das bei kontinuierlichem Betrieb der Stoff laufend abgezogen werden kann. Die Sieblochung beträgt 8···10 mm. Der Stoff ist beim Abzug nicht stippenfrei.

Immer mehr verbreiten sich allerdings die Bestrebungen, den Stofflöser zu einer Auflöse- und auch Entstippungsmaschine weiterzuentwickeln. Dabei ist man besonders bestrebt, die Wirkungsweise der Zerreißscheiben so zu gestalten, daß sie den gestellten Forderungen gerecht werden. Die endgültige Lösung dieser Aufgabe hatte den großen Vorteil, daß die bisher erforderliche Nachschaltung von Entstippern und auch gewisser Bütten entfallen könnte. Dabei würde eine wesentlich höhere Wirtschaftlichkeit dieser Anlagen zu erreichen sein. Gleichzeitig bedeutet die Lösung

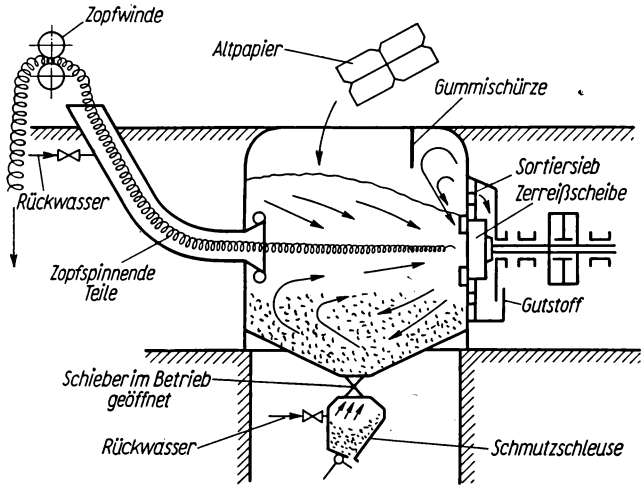


Bild 58. Stofflöser mit waagerechter Welle

dieser Aufgabe auch eine maschinelle Vereinfachung. Stofflöser, die dieses Problem bis zu einem gewissen Grade lösen, sind in den letzten Jahren entwickelt worden, und es sollen hier einige typische Vertreter erläutert werden.

Eine solche Konstruktion, die mit senkrechter Welle arbeitet, ist der im Bild 59 gezeigte „Solvo-Stofflöser". Der im Bodenteil des Lösers befindliche Rotor ist als Pumpenrad ausgebildet und mit Propellerflügeln besetzt. Durch die Drehbewegung wird die aufzulösende Stoffmenge nach außen geschleudert. Die Saugöffnung der Pumpe ist mit einem gelochten Blech abgedeckt. Dadurch können nur kleine Faserbündel hindurchtreten. Das gelochte Siebblech, das mit konisch gebohrten Löchern von 5···10 mm Durchmesser versehen ist, läuft mit dem Rotor unter hoher Drehzahl um. Durch die gleichzeitige Drehung von Rotor und Siebplatte reinigt sich letztere ständig selbst. Um eine gute und schnelle Vorzerkleinerung zu erreichen, sind am Umfang des Rotors mehrere Zerreißmesser angebracht. Der Pumpensog zwingt die Faserbündel, durch die mit hoher Geschwindigkeit laufende Siebplatte hindurchzutreten. Die Faserbündel prallen innerhalb der Sieblochung auf die Wandungen und werden durch den Anprall zerfasert. Dabei wirken die scharfen Kanten der Sieb-

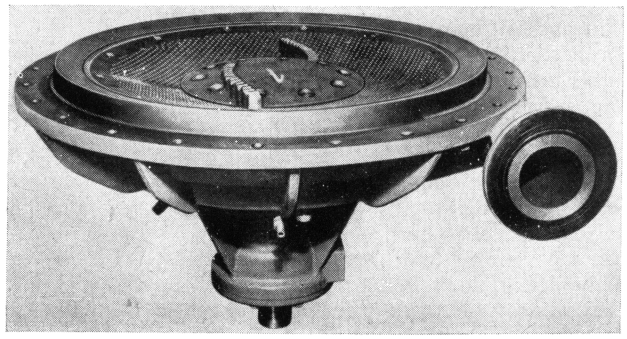


Bild 59. Solvo-Stofflöser
Rotor im Boden des Lösers mit Propellern und seitlichen Zerreißmessern

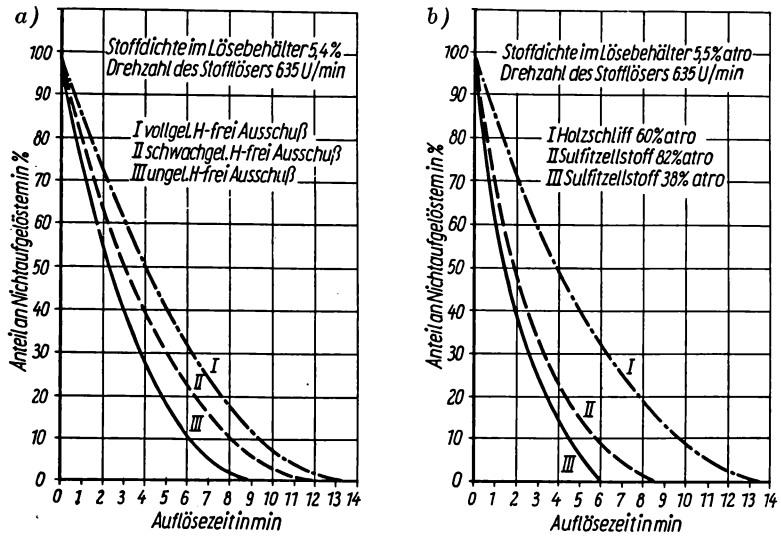


Bild 60. Zeitbedarf für stippenfreie Auflösung im Solvo-Stofflöser P3UA

a) Auflösung verschiedener Papierqualitäten, *b)* Auflösung von Holzschliff aus Sulfitzellstoff verschiedenen Trockengehaltes

Tabelle 19. Tägliche Löseleistung in t/m³ Wanneninhalt und spezifischer Energieverbrauch in kWh/100 kg gelösten Stoff einschließlich Transportarbeit zum Verwendungsort [42]

Stoffklasse und Aufschlußart	tägliche Löseleistung in t/m³ Wanneninhalt	spezifischer Energieverbrauch in kWh/100 kg einschl. Transportarbeit
Sulfitzellstoff 88 %, atro Eintragsstoffdichte 8 %	15 ... 10	2,3 ... 2,7
Sulfitzellstoff 88 %, atro Eintragsstoffdichte 6,5 %, stippenfrei gelöst	16 ... 8	2,5 ... 3,5
Sulfatzellstoff 88 %, Eintragsstoffdichte 6 %, harte Qualität	9,5 ... 6,3	4,5 ... 5,3
Sulfatzellstoff mit Kamyrpressung 88 %, Eintragsstoffdichte 6 %	6 ... 4,75	7 ... 7,5
Strohzellstoff mit Natronaufschluß 88 %, atro Eintragsstoffdichte 6,5 %, Lösung, stippenfrei gelöst	3,6	9
holzfreier Ausschuß, normal geleimt, Eintragsstoffdichte $5^1/_2$ %, stippenfrei gelöst	4,0 ... 2,5	11 ... 14,5
holzhaltiger Ausschuß, $^3/_4$ geleimt, Eintragsstoffdichte $5^1/_2$ %, holländerfertig	6,6 ... 4,4	5,3 ... 6,5
holzhaltiger Ausschuß, $^3/_4$ geleimt, Eintragsstoffdichte $5^1/_2$ %, stippenfrei gelöst	5 ... 3,6	8,5 ... 10
Kunstdruck, doppelseitig gestrichen, Eintragsstoffdichte 6,5 %, stippenfrei gelöst	2,25 ... 2	13,6 ... 16

lochung wie Fräser auf die Stoffsuspension, die einmal mit ihrer Eigenmasse auf dem rotierenden Sieb ruht und durch den Pumpensog noch zusätzlich gegen dieses gedrückt wird. Eine weitere Zerfaserung durch Prallwirkung tritt dann ein, wenn der Stoff durch die Pumpenschaufel gegen die Wand des Spiralgehäuses gedrückt wird. Zu diesem Zweck ist dieses so konstruiert, daß der Stoff, der aus dem Pumpenkanal kommt, in scharfem Winkel gegen das Spiralgehäuse prallt und dort umgelenkt wird. Durch die geschilderte Arbeitsweise kann eine stippenfreie Auflösung bei vertretbarem spezifischem Energieverbrauch erreicht werden, wie aus der nachstehenden Tabelle zu ersehen ist. Beim Solvo-Stofflöser kann bei diskontinuierlichem Betrieb der Behälterinhalt bis zur Erreichung des gewünschten Auflösegrades umgepumpt werden. Nach Umstellung eines Schiebers erfolgt dann das Ableeren. Bei kontinuierlichem Betrieb erfolgt der Abzug der durch das Sieb hindurchtretenden Stoffmenge ebenfalls kontinuierlich. Im Bild 60 ist der Zeitbedarf für eine stippenfreie Auflösung verschiedener Ausschuß-Papierqualitäten in den entsprechenden Kurven dargestellt.
Als neueste Konstruktion, die außerordentliche Vorteile in bezug auf Leistung und Stippenfreiheit bringt, gilt der im Bild 61 dargestellte „Vokes-Rotor". Dieser Rotor arbeitet mit einem genau festgelegten Abstand zwischen Siebplatte und Rotorflügeln. Die Bodenplatte ist ähnlich einem Refiner auf der gesamten Fläche mit Stahlrippen versehen. Durch die Rotation der Rotorflügel über der Bodenplatte tritt praktisch

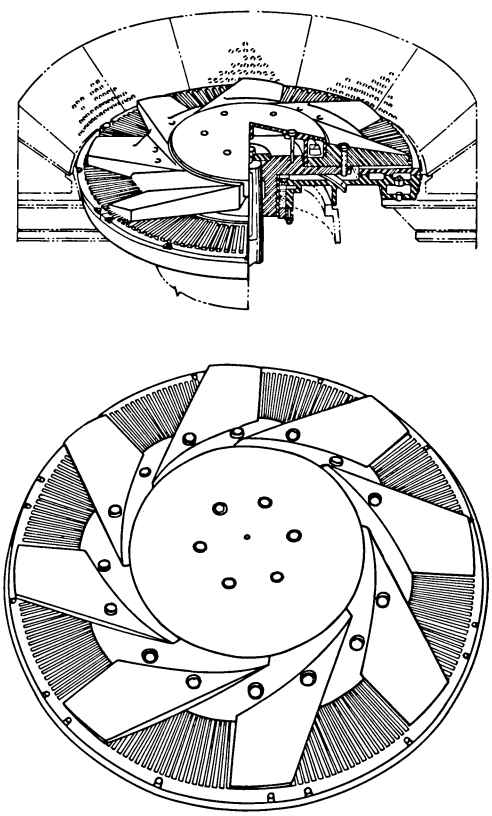
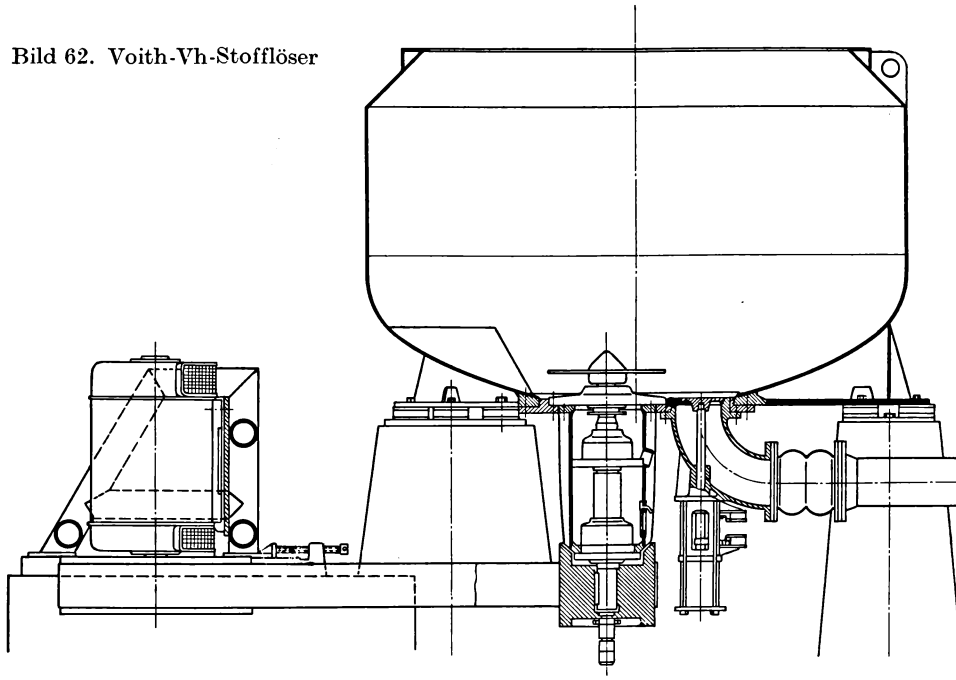


Bild 61. Vokes-Rotor

Bild 62. Voith-Vh-Stofflöser



die gleiche Wirkung wie beim Refiner ein, d. h., es wird eine Stoffwirbelung zwischen den Aufschlußorganen erzeugt, welche die Zerfaserung der Halbstoffe begünstigt, ohne eine Faserschädigung oder Mahlgraderhöhung herbeizuführen. Diese Konstruktion verkürzt die Auflösezeit nicht unwesentlich und ist in der Lage, einen nahezu vollständigen Entstippungseffekt zu erzielen, der zwischen 90 und 100 nach Shartle-Standard liegt. Je nach dem eingesetzten Halbstoff wird dieser Entstippungsgrad nach 5···45 min erreicht.

Eine weitere Neukonstruktion auf diesem Gebiet ist der im Bild 62 gezeigte Vh-Stofflöser.

Entgegen den üblichen Drehzahlen, die sich je nach Durchmesser des Stofflösers zwischen 100···800 min^{-1} bewegen, betragen diese bei dem Vh-Stofflöser 2900 min^{-1}. Die Stoffdichte wird mit 4···6 % angegeben. Am Boden der Schüssel befindet sich ein keilförmiges Blech, das den Stoff umlenkt, die Durchmischung und damit die Auflösung fördert. Durch die entstehende starke Turbulenz und die auftretende Kavikationswirkung in der Nähe der Auflösescheibe wird das Gut vollständig zerfasert. Diese Stofflöser leisten bis zu 32 t/d abhängig von der Größe desselben. Da aber, wie bereits erwähnt, der spezifische Kraftverbrauch eine wesentliche Rolle für die Wirtschaftlichkeit einer Maschine bzw. einer Anlage spielt, sei darauf hingewiesen, daß nach Untersuchungen von *Brecht* [43] derselbe höher liegt als zum Beispiel bei der Kombination des Voithschen H-Stofflösers mit einem Entstipper, wie aus nachstehender Tabelle zu ersehen ist.

Die Zahlenangaben für den spezifischen Arbeitsaufwand in der Tabelle beweisen also sehr deutlich, daß die Maschine einen nicht unwesentlich höheren Aufwand erfordert. *Brecht* weist nach seinen Versuchen darauf hin, daß sich der Stofflöser nicht für die

Tabelle 20. Energiewirtschaftlicher Vergleich für den Vh-Stofflöser und das konventionelle Verfahren.
Vh – Stofflöser 4 m³
Konventionelles Verfahren: H-Stofflöser 4 m³ und

Eintrag	Entstipper 1 E Spezifischer Arbeitsaufwand Vh-Stofflöser	H-Stofflöser E-Entstipper
ungebl. Fi-Sulfitzellstoff	28,0	8,3
Illustrationsdruckpapier	18,0	14,3
Pergaminpapier	48,0	25,0

Aufbereitung gemischter Altpapiere eignet, weil hier, infolge der sehr unterschiedlichen Zusammensetzung, der Kraftverbrauch unverhältnismäßig hoch ist. Dieser Stofflöser wird zweckmäßig periodisch betrieben.
Eine weitere Neukonstruktion auf diesem Gebiet ist der „Dualator". Wie aus dem Bild 63 zu ersehen ist laufen hier zwei koaxiale Rotorscheiben entgegengesetzt ineinander. Dadurch entsteht zwischen den beiden Flügelgruppen eine zylindrische Zerfaserungszone. Die Suspension wird damit gezwungen ständig durch einen schmalen Ringspalt zwischen den Flügeln der beiden Rotoren zu strömen. Der innere Rotor, der mit 900 min^{-1} läuft, fördert den Stoff in die Bahn des äußeren Rotors, der sich mit der gleichen Geschwindigkeit dreht. Durch die plötzliche Strömungsumkehrung bei einer Grenzflächengeschwindigkeit von 1800 min^{-1} entstehen sehr starke hydraulische Scherkräfte in der Zerfaserungszone, die die Auflösung der Stippen fördern.

8.2.2. Reinigung der aufgelösten Halbstoffe

Während bei den einzusetzenden Zellstoffen und dem Holzschliff bzw. Halbzellstoff umfangreiche Reinigungsanlagen nicht mehr erforderlich sind, weil diese Stoffe bereits in gereinigtem Zustand zur Verfügung stehen, ist bei den Altpapieren eine mehr oder weniger umfangreiche Reinigung der Stoffsuspension notwendig. Außer den an die Qualität des Enderzeugnisses zu stellenden Anforderungen verlangt auch die

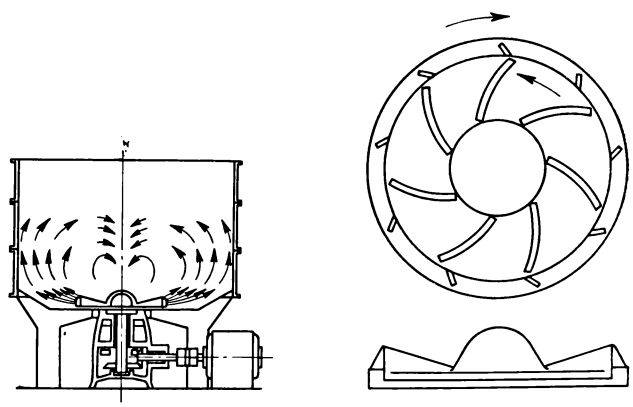


Bild 63. Dualator-Stofflöser

Schonung der zur weiteren Stoffbehandlung eingesetzten Entstipper und Hydromühlen eine weitere Reinigung. Während man bis vor nicht allzu langer Zeit zur Stoffreinigung Sandfänge von mehr oder minder großem Ausmaß verwendete, um die Nichtfaserbestandteile aus dem Stoff zu entfernen, arbeitet man heute mit Maschinen, mit denen man bei hoher Leistung einen sehr guten Reinigungseffekt erzielt. Man unterscheidet eine Grobreinigung, die während des Löseprozesses im Turbolöser durchgeführt wird, und die weitere Reinigung der Stoffsuspension außerhalb des Turbolösers.

8.2.2.1. Grobreinigung im Turbolöser

Zur Entfernung von im Stoff enthaltenen groben und schweren Nichtfaserbestandteilen wird der Turbolöser mit einer Grobschmutzschleuse ausgerüstet. Zur Beseitigung der groben Verunreinigungen befindet sich in dem gewölbten Boden des Turbolösers hinter den feststehenden Leitschaufeln an einer Stelle des Umfanges ein Ausschnitt, durch den diese Schmutzteile hindurchfallen. Die Entfernung des hier gesammelten Unrates kann auf zwei Arten erfolgen. Im ersten Fall ist die Schmutzschleuse durch ein Rohr mit einem Elevator verbunden (Bild 64), mit dessen Hilfe die Schmutzteile beseitigt werden. Der Stoff im Turbolöser kommuniziert in diesem Falle mit dem Elevatorgehäuse. Mittels gelochter Elevatorbecher werden die Schmutzteile nach oben gefördert und auf eine gelochte Siebplatte ausgeworfen. Von dort werden sie durch Öffnen eines Schnellschlußschiebers entfernt. Durch das Verbindungsrohr im oberen Teil des Elevatorschachtes zum Lösebehälter wird der durch die Lochplatte ablaufende, vom Schmutz gereinigte Stoff in den Turbolöser zurückgeführt. Eine andere Form der Entfernung ist die im Bild 65 gezeigte Schmutzschleuse. Diese wird an der gleichen Stelle angebaut, an der auch die Elevatorzu-

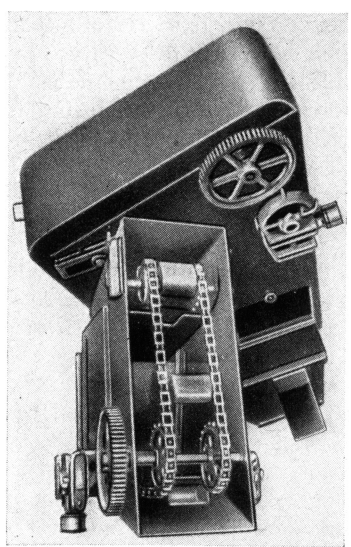


Bild 64. Gorbschmutz-Elevator

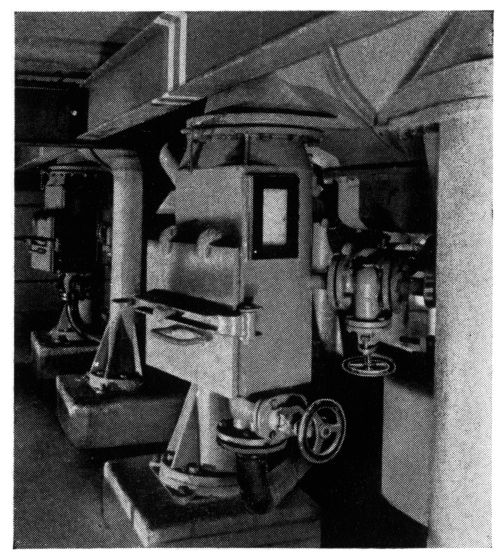


Bild 65. Schmutzschleuse am Turbolöser

führung erfolgt. In dieser Schleuse sammeln sich die groben Verunreinigungen und werden dann periodisch abgelassen, wobei die Entleerung in einen darunterstehenden Wagen erfolgt. Die letzte Form der Grobschmutzentfernung ist wohl einfacher, es läßt sich aber nicht vermeiden, daß ein nicht unerheblicher Anteil von Faserstoffen mit abgeführt wird und damit verlorengeht.
Die Entfernung der mit in den Turbolöser eingetragenen Unratteile, wie Draht, Lumpen, Bandagen und anderer, erfolgt mit Hilfe einer Zopfwinde. Diese Winde entfernt die genannten Unratteile in Form eines Zopfes. Die Zopfwinde hat sich bei großen Turbolösereinheiten in der Praxis gut bewährt. Zur Bildung des Zopfes bedient man sich zunächst eines Seiles, das in die Stoffsuspension im Turbolöser eingehängt wird. Die Unratteile schlingen sich um das Seil, das zu diesem Zweck am Ende mit Widerhaken versehen ist. Dabei bildet sich aus diesen Teilen ein eigener Zopf, der sich beim Herausziehen des Seiles aus dem Turbolöser verlängert. Ist der so gebildete Zopf in die Zopfwinde eingeführt, kann das Seil frei gemacht und erneut verwendet werden. Der aus den Unratteilen gebildete Zopf trägt sich nunmehr selbst und zieht weitere Anteile laufend nach (siehe auch Bild 58).

8.2.2.2. Reinigung auf Plan- und Rundsortierern

Der vom Turbolöser kommende Stoff enthält trotz der Grobreinigung immer noch feinere Unreinheiten, die entfernt werden müssen, um die nachgeschalteten Mahlaggregate vor Beschädigungen zu schützen und außerdem eine einwandfreie Qualität des Enderzeugnisses zu gewährleisten. Um das zu erreichen, wird der Stoff zunächst auf Plansortierern von groben Unratteilen gereinigt. Bild 66 zeigt einen Wuchtschüttler des VEB Papiermaschinenwerke Freiberg, der für Leistungen von 10 bis 54 t/d gebaut wird und einen Leistungsbedarf von 3···4 PS hat. Der über die Rinne eintretende Stoff läuft auf das Sortiersieb auf. Während der Gutstoff durch das Sieb hindurchtritt, werden die Grobschmutzteile durch die Schwingungen des Siebkorbes nach vorn zur Abführrinne geschoben und dort ausgeworfen. Während dieses Weges erfolgt durch eingebaute starke Spritzrohre ein Abwaschen dieser Unratteile von anhaftenden Fasern. Der verbleibende Unrat enthält fast nur Nichtfaserbestandteile, die dem Abfall zugeführt werden.
Eine andere Maschine zum Entfernen von Nichtfaserbestandteilen ist der „Classifiner". Dieser Sortierer besteht aus zwei feststehenden, gegenüberliegend angeordneten Sieben. Zwischen diesen Sieben läuft, wie aus dem Bild 67 ersichtlich ist, ein Armkreuz, das mit Schabern und Räumern ausgerüstet ist. Der Stoff wird axial zugeführt.

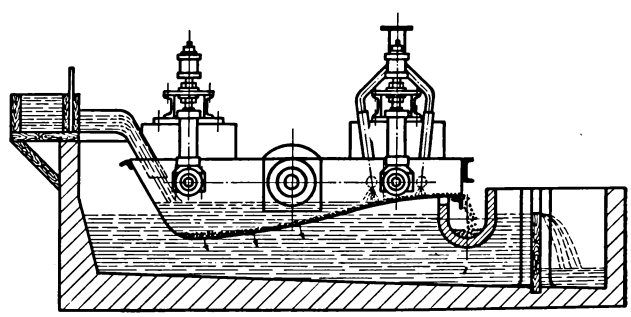


Bild 66. Wuchtschüttler

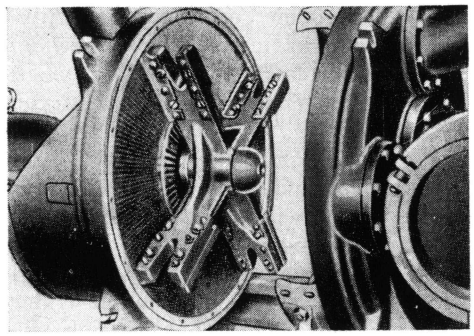


Bild 67. Classifiner

Die umlaufenden Räumer halten die Siebe ständig sauber und treiben schwimmende Bestandteile, wie Gummi, Kork, Stippen und andere. dem obenliegenden Ausfluß zu. Der Gutstoff tritt durch die Siebe hindurch und wird beiderseitig abgeführt. Diese Maschine arbeitet in zwei Größen, und zwar: $Q = 25$ t/d bei $n = 320\ \text{min}^{-1}$ und $Q = 50$ t/d bei $n = 240\ \text{min}^{-1}$. Die Stoffdichte beträgt bei beiden Größen etwa 1,5 %.

Eine weitere Maschine zur Vorreinigung ist der Rundsortierer, der als Schleudersortierer oder auch Durchflußsichter bekannt ist. Diese Sortierer arbeiten mit Sieblochungen von 1,6···1,8 mm. In diesen Sortierern werden alle im Stoff enthaltenen schwimmenden Bestandteile und groben Stippen ausgeschieden. Diese Stoffreinigung ist erforderlich, weil die schwimmenden Bestandteile vor den Entstippern entfernt werden müssen. Passieren diese die Entstipper, dann werden sie so stark zerkleinert, daß sie anschließend überhaupt nicht oder nur noch zu einem geringen Teil durch Sortierung entfernt werden können und damit das Produkt stark verschmutzen. Wie aus Tabelle 21 [44] hervorgeht, sind von den genannten Sortierertypen die

Tabelle 21. Sortiererleistungen

	Zulaufdichte in % atro	Durchsatz D in kg atro/h	Grobstoffanteil in % $\frac{\text{kg atro G}}{\text{kg atro D}} \cdot 100$	Grobstoffdichte in % atro	Spritzwasser in l/min	N in kW
Schleudersortierer[1]	0,53	173	21	2,1	130	—
Durchflußsichter[2]		149	19	0,6	150	4,3
Schleudersortierer	0,8	182	25	2,0	150	4,0
Durchflußsichter		176	17	0,7	120	4,3

[1] $n = 760\ \text{min}^{-1}$, Flügelraddurchmesser = 376 mm,
[2] $n = 610\ \text{min}^{-1}$, Lochdurchmesser der Sortiersiebe = 1,2 mm.

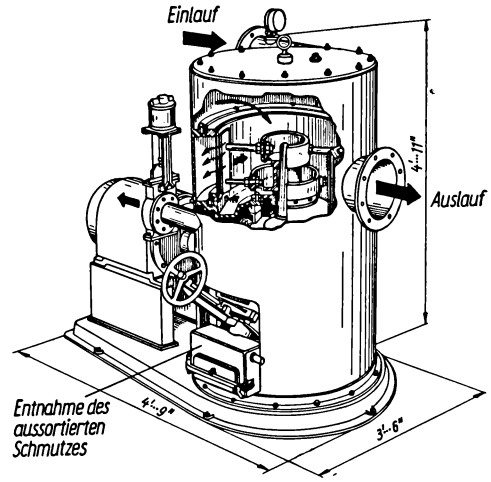


Bild 68. Selektifier-Screen

Schleudersortierer am besten geeignet, weil sie schärfer sortieren, mit größerer Stoffdichte arbeiten und die bessere Sortierleistung erbringen.
Eine weitere Maschine, die sich besonders zur Reinigung des Stoffes von schwimmenden Verunreinigungen sehr gut eignet, ist der Selektifier-Screen. Es handelt sich hierbei um einen Durchflußsichter mit senkrechter Welle und feststehendem Sieb. Auf der senkrechten Welle sitzen zwei Schaber (Bild 68), die das Sortiersieb nicht berühren. Durch die am Sieb dicht vorbeistreichenden Schaber tritt eine Druckpulsation auf, durch die eine sehr gute Sortierwirkung erzielt wird. Die Selektifier haben eine Sieblochung von 1,65 mm. Der anfallende Schmutz scheidet periodisch über einen Entnahmeschieber aus, der entweder von Hand oder pneumatisch bedient werden kann. Dieser Sortierer hat den Vorteil, daß er als letztes Reinigungsgerät unmittelbar vor dem Stoffauflauf eingesetzt wird, damit man im geschlossenen Stoffstrom unter Druck arbeiten kann und darüber hinaus kein Spritzwasser benötigt. Damit werden unerwünschte Belüftungen des Stoffes vermieden.

8.2.2.3. Reinigung in Wirbelschleudern

Während früher zur Stoffreinigung Sandfänge und Knotenfänger eingesetzt wurden, um mit mehr oder weniger großem Erfolg die feinen und feinsten Verunreinigungen unmittelbar aus dem Stoff zu entfernen, ist man in neuerer Zeit zu Zentrifugalreinigern übergegangen, die bei geringem Platzbedarf eine hohe Leistung und einen ausgezeichneten Reinigungseffekt aufweisen. Dabei kommt es ganz besonders darauf an, mit diesen Anlagen auch solche Schmutzteile zu entfernen, die fast die gleiche Dichte wie die Fasern haben und die sich mit den herkömmlichen Reinigungsmethoden kaum oder gar nicht entfernen lassen. Mit diesen Reinigungsgeräten können die feinsten Verunreinigungen ausgeschieden werden. Es gibt verschiedene Konstruktionen, die an bestimmten Stellen während des Produktionsablaufes eingesetzt werden können. Obwohl die Konstruktionen und die Einsatzbereiche unterschiedlich sind, so arbeiten sie doch alle nach dem Prinzip der Schmutzausscheidung durch Stoffwirbelung und Zentrifugalkraft, die sich auf verschiedene Weise hervorrufen läßt. Diese Wirbelung

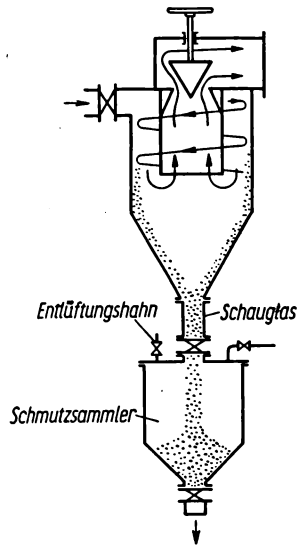


Bild 69. Sandschleuder

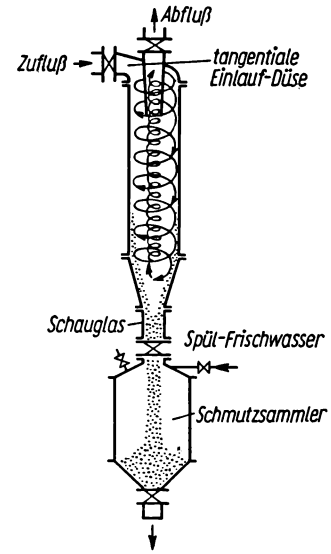


Bild 70. Wirbelschleuder

schleudert die spezifisch schweren Teile an die Rohrwand, von wo sie in Auswirkung der Schwerkraft und der schraubenförmigen Bewegung nach unten abgeführt werden. Der gereinigte und spezifisch leichte Faserstoff steigt in dem sich bildenden Flüssigkeitsschlauch nach oben und verläßt gereinigt die Anlage.

Bild 69 zeigt das Arbeitsprinzip einer Sandschleuder, die speziell zur Reinigung von Holzschliff und Altpapierstoffen eingesetzt wird. Mit dieser Sandschleuder ersetzt man die bisher notwendigen großen Sandfangflächen. Bei dieser Konstruktion tritt der Stoff tangential in ein sehr weites Schleuderrohr mit einer lichten Weite von 600···800 mm ein. Die im Stoff befindlichen spezifisch schwereren Sandteilchen werden bei mäßiger Rotationsgeschwindigkeit ausgeschieden. Der gereinigte Stoff verläßt bereits nach verhältnismäßig kurzer Zeit wieder die Sandschleuder. Der ausgeschiedene Sand wird in einem Schmutzbehälter gesammelt und aus diesem periodisch entfernt. Die Sandschleudern arbeiten mit Stoffdichten von maximal 1 % und einem Einlaßdruck von 4···5 m WS. Der Durchsatz beträgt je nach Größe 1500 bis 3000 l/min. Die Leistung einer Sandschleuder mit einem Durchsatz von 1500 l/min entspricht einer Sandfangfläche von 150 m².

Ein Gerät, das besonders zur Fein- und Feinstreinigung von Faserstoffen eingesetzt werden kann und mit dem man einen guten Reinigungseffekt erzielt, ist die Wirbelschleuder. Sie arbeitet, wie aus dem Bild 70 zu ersehen ist, ebenfalls nach dem Prinzip der Wirbelbildung. Bei einem durch eine Druckerhöhungspumpe erzeugten Druck von 16···20 m WS am Einlauf wird die Stoffsuspension mit einer Stoffdichte von 0,4···1 % tangential am oberen Ende durch eine sich verengende Einlaufdüse in das senkrechte Schleuderrohr gepumpt. Dadurch treten Zentrifugalkräfte auf, die das 400- bis 800fache der Eigenmasse der Schmutzteilchen haben. Dadurch werden die Schmutzteilchen an die Rohrwand geschleudert und sinken unter gleichzeitigem Ab-

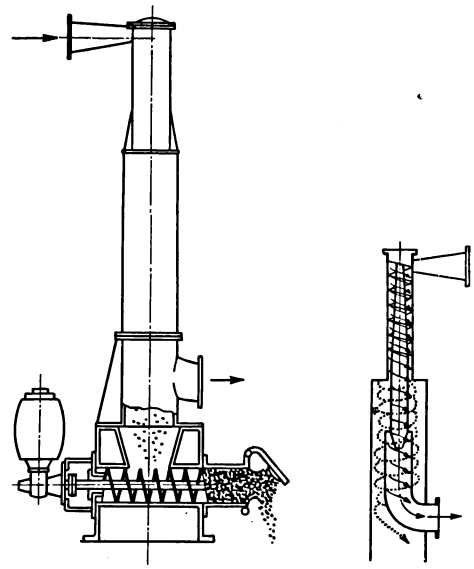


Bild 71. Shartle-Hydraclone

bremsen der Rotationsgeschwindigkeit über das konische Übergangsrohr und das zylindrische Zwischenstück in den Schmutzsammler. Die gereinigte Suspension wird im Konus umgelenkt, steigt im Flüssigkeitsschlauch nach oben und tritt am Kopfstück wieder aus. Der Auslaufdruck beträgt 1···2 m WS. Um ein Absetzen von Fasern im Schmutzsammler zu verhindern, ist mit einer geringen Menge Sperrwasser zu arbeiten. Der Sperrwasserdruck beträgt zwischen 1 und 2 at. Die Leistung einer Wirbelschleuder beträgt je nach Größe 250···3000 l/min. Die Abführung der Schmutzteile aus dem Schmutzsammler erfolgt periodisch ohne Beeinträchtigung des Betriebes.

Eine andere Konstruktion, die nicht mit der bisher geschilderten Umkehrung des Stoffstromes arbeitet, ist der „Shartle-Hydraclone" (Bild 71). Hier findet keine Umkehrung des Stoffstromes und keine Abführung des gereinigten Stoffes in einem sich bildenden Flüssigkeitsschlauch statt. Die spezifisch schweren Teile werden durch die Stoffwirbelung, die durch den tangentialen Einlauf entsteht, ebenfalls nach außen geschleudert und sinken dort nach unten ab. Die gereinigte Stoffsuspension wird von einem bis zur Mitte von unten hereinragenden Rohr aufgenommen und nach unten abgeführt (siehe Pfeil). Die im Schmutzsammler aufgefangenen Teile werden durch eine Schnecke entwässert und abgeführt. Der Trockengehalt des Auswurfes erreicht etwa 60 %. Der Shartle-Hydraclone wird in drei Größen gebaut, und zwar mit Durchsatzleistungen von 1125, 2250 und 4500 l/min. Der Leistungsbedarf wird bei dem Gerät mit 4500 l/min Durchsatz mit 12 kW angegeben.

Während die bisher erläuterten Aggregate zur Stoffreinigung mit hohen Verdünnungen arbeiten und dabei besonders in der Wirbelschleuder feinste Verunreinigungen abgeschieden werden können, arbeiten die Dickstoffreiniger mit Stoffdichten bis max. 6 %. Das hat den Vorteil, daß die Stoffsuspension zwischen dem Stofflöser und dem Entstipper nicht erst verdünnt und dann wieder eingedickt werden muß. Dadurch können zusätzliche Arbeitsgänge, Ausrüstungen und Kraft gespart und

trotzdem ein gereinigter Stoff dem Entstipper zugeführt werden. Es gibt verschiedene Typen von Dickstoffreinigern, die auch nach verschiedenen Prinzipien arbeiten. Die von Voith gebaute und für Altpapier speziell geeignete Konstruktion arbeitet nach dem gleichen Prinzip wie die bereits beschriebenen Wirbelschleudern (Bild 70). Die Durchsatzmengen und Stoffdichten der einzelnen Baugrößen sind folgende:

Type S 1: Durchsatzmenge 400 l/min und 500 l/min
Stoffdichte 3···4,5 % bzw. 4,5···5,5 %
Type S 2: Durchsatzmenge 800 l/min
Stoffdichte 2,5···5,5 %
Type S 3: Durchsatzmenge 1200 l/min
Stoffdichte 2,5···5,5 %

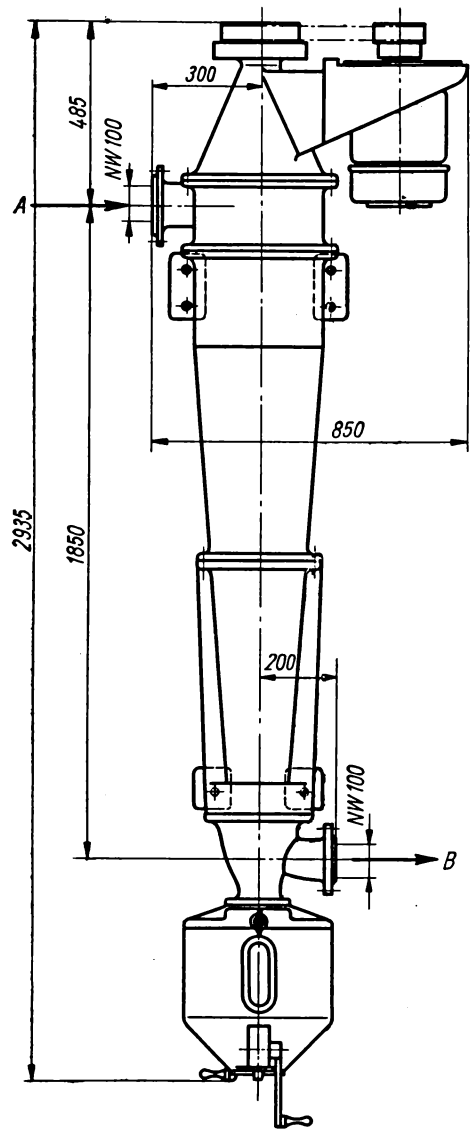


Bild 72. Dickstoffreiniger

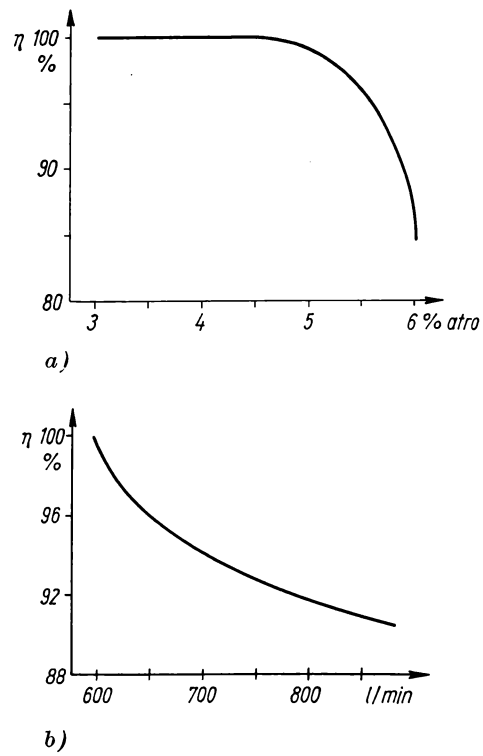


Bild 73. Abscheidungswirkungsgrad eines Escher-Wyss-Dickstoffreinigers in Abhängigkeit
a) von der Stoffdichte
b) von der Durchsatzmenge

Wichtig für diesen Dickstoffreiniger ist, daß er stets voll beaufschlagt sein muß um volle Reinigungswirkung zu erreichen. Bild 72 zeigt den von Escher-Wyss gebauten Dickstoffreiniger, bei dem die Stoffwirbelung durch einen Rotor erzeugt wird. Die Stoffsuspension tritt bei A in den Dickstoffreiniger ein, wird durch einen mit Flügeln versehenen Rotor in eine schnelle Kreisbewegung versetzt. Durch die auftretende Zentrifugalbeschleunigung werden alle spezifisch schwereren Fremdkörper an die Gehäusewand geschleudert und wandern dort in den Schmutzsammler unterhalb der Abscheidezone. Der gereinigte Stoff kehrt in der Abscheidezone um und steigt bis zum Einlauf des zentralen Austrittsrohres, das am unteren Ende in den waagerechten Stutzen B übergeht, über den der Gutstoff abgeführt wird. Der Sperrwassereintritt am unteren Konusende erfolgt tangential entgegen der Stoffrotation, verhindert das Absetzen von Fasern und bremst die Rotation ab. Im Gegensatz zu der vorher geschilderten Type ist das Gerät unempfindlich gegenüber Druck- und Durchsatzmengen-Schwankungen. Das Gerät kann außerdem mit verschiedenen Drehzahlen, entsprechend den jeweiligen Stoffverhältnissen arbeiten. Die Drehzahlverstellung erfolgt durch Versetzen des Riemens an den Stufenscheiben. Das Durchsatzvolumen dieses Typs liegt zwischen 400···800 l/min, die Stoffdichte zwischen 3 bis 6 %, der Drehzahlbereich zwischen 400···600 min^{-1}. Der Kraftbedarf beträgt 1,6 bis 2,6 kW und der spez. Kraftverbrauch 0,3···0,09 kWh, die Druckdifferenz schwankt zwischen 5···7 m WS. Die im Bild 73 gezeigten grafischen Darstellungen zeigen einmal den Abscheidungsgrad in Abhängigkeit von der Stoffdichte, woraus sich ergibt, daß der beste Wirkungsgrad bei etwa 4,5···4,7 % Stoffdichte liegt. Die andere zeigt den Abscheidungsgrad in Abhängigkeit von der Durchsatzmenge. Auch hier sinkt mit zunehmender Durchsatzmenge der Grad der Abscheidung.
Ebenfalls nach dem Wirbelprinzip arbeitet der „Zentrireiniger". Der Zentrireiniger ist eine Rohrschleuder mit einer sehr ausgeprägten konischen Form. Dieses Gerät ist für Stoffdichten von 0,2···1 % gebaut und trennt so scharf, daß nicht nur die Unterschiede der Dichte, sondern auch der spezifischen Oberfläche erfaßt werden. Diese Stoffreiniger scheiden selbst die allerfeinsten Schmutzteilchen aus. Aus diesem Grunde sind die Geräte besonders dort gut geeignet, wo es sich um die Reinigung von Faserstoffen handelt, die aus Laubhölzern hergestellt sind. Der Eintritt der Stoffsuspension erfolgt bei dem Zentrireiniger tangential mit einem Eintrittsüberdruck von 2,5 bis 3,0 at durch eine Düse. Zur Erreichung eines hohen Reinigungseffektes wird mit Stoffdichten gearbeitet, die am günstigsten bei 0,3···0,5 % liegen. Die ausgeschiedenen Schmutzteile gleiten an der Rohrwandung nach unten und werden durch die Schmutzdüse kontinuierlich ausgeschieden. Dabei sorgt ein Druckdifferential gegenüber dem atmosphärischen Druck für die Abführung auch der feinsten Schmutzteile.

8.2.3. Entstippen

Wie bereits erwähnt, ist der vom Turbolöser kommende Stoff mehr oder minder stippenhaltig, so daß nach der Grob- und Feinreinigung eine Auflösung der Stippen erfolgen muß. Dabei kommt es besonders darauf an, daß durch das Entstippen keine wesentliche Steigerung des Mahlungsgrades eintritt. Das ist besonders bei Altpapierstoffen wichtig, weil diese bereits einen mehr oder minder hohen Mahlungsgrad aufweisen. Da eine Entstippung mit normalen Hydromühlen nicht wirkungsvoll und wirtschaftlich erreicht werden kann, verwendet man hierzu besondere Konstruktionen.

Die Entstipper arbeiten nach verschiedenen Prinzipien. Man findet Konstruktionen, die konisch oder scheibenförmig gebaut sind, aber auch Kombinationen derselben. Die Umdrehungszahlen schwanken je nach Konstruktion zwischen 1000 und 3000 min^{-1} und die Stoffdichten zwischen 3···6 %. Durch das Hindurchdrücken der Stoffsuspension durch Schlitze oder Kanäle der Entstippergarnituren, das meist unter Anwendung von Pumpendruck geschieht, treten eine hohe Turbulenz und Druckpulsations-Effekte sowie eine starke innere Reibung auf, welche die Stippen in Einzelfasern zerlegen. Während der Entstippung wird gleichzeitig eine Fibrillierung der Einzelfasern erreicht, wobei andererseits nur eine geringe Mahlgradsteigerung eintritt. Da aber gleichzeitig eine Erhöhung der Reißlänge eintritt, muß man doch von einem Mahleffekt ohne wesentliche Mahlungsgradsteigerung sprechen. Sofern eine Stoffreinigung bei niedrigen Konsistenzen (0,4···1 %) erfolgt, macht sich vor dem Einlauf in die Entstipper ein Eindicken des Stoffes auf 4···5 % Stoffkonsistenz erforderlich. Diese Maßnahme ist nicht erforderlich, wenn dem Entstipper ein Dickstoffreiniger vorgeschaltet wird, der eine einwandfreie Reinigung garantiert.
Eine Entstipperkonstruktion, die mit bemesserten Walzen arbeitet, ist die „Gegenläufige Hydromühle" des VEB Papiermaschinenwerke Freiberg (Bild 74). Bei dieser Maschine läuft sowohl der Kegel als auch der Mantel. Beide werden von je einem Motor angetrieben, und zwar erfolgt der Antrieb gegenläufig. Zwischen Kegel und Mantel bildet sich während des Laufes ein Flüssigkeitsring, der die Drehbewegung kaum mitmacht. Dadurch wird bei reichlichem Messerabstand eine hohe Pulsation erreicht, die eine gute Entstippung gewährleistet. Am mittleren Kegeldurchmesser beträgt die Bewegungsgeschwindigkeit von Kegel und Mantel etwa 33 m/s. Die Einstellung des Abstandes zwischen den beiden Mahlelementen erfolgt durch Verschieben des Mantels gegen den Kegel. Die im Bild gezeigte „Gegenläufige Hydromühle" wird in zwei Größen gebaut, die folgende technische Daten haben [45]:
Bild 75 zeigt einen Vergleich zwischen einem Altpapierstoff nach dem Turbolöser und nach einem Durchgang durch eine GHM I. Daraus ist zu ersehen, daß der Stoff praktisch stippenfrei gelöst ist.

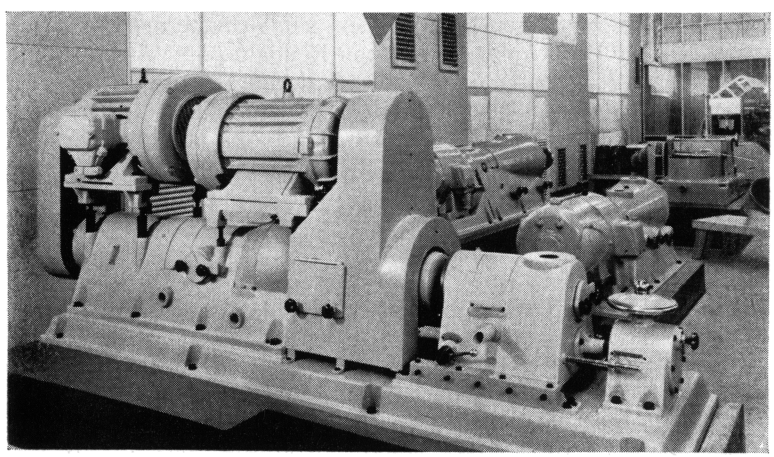


Bild 74. Gegenläufige Hydromühle (PAMA)

Tabelle 22. Technische Daten der „Gegenläufigen Hydromühle"

Type	Antrieb					Drehzahl in min^{-1}	
	Motor für Mantel	Motor für Kegel	Leistungsbedarf insgesamt in kW	Durchsatz in t/d	Stoffdichte in %	Mantel	Kegel
GHM	14 kW $n = 1450$	20 kW $n = 2900$	34	1···8	3···4	1500	2100
GHM I	46 kW $n = 1430$	46 kW $n = 1430$	70···80	20···50	3···4	1050	1150

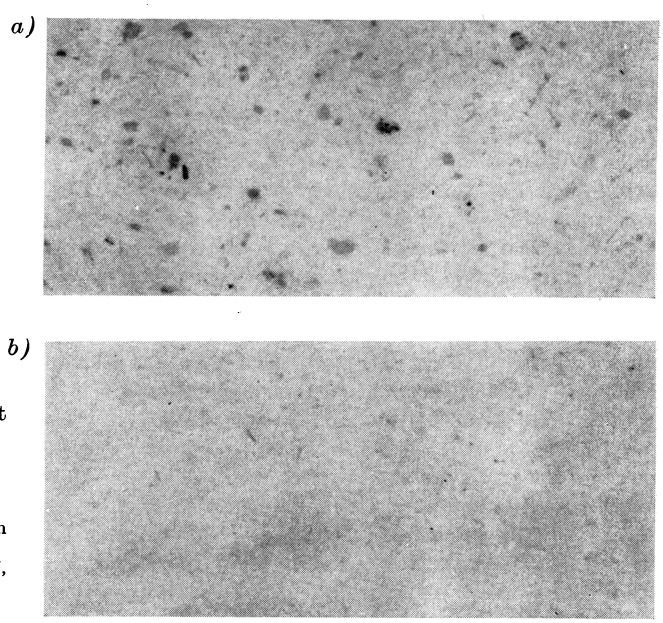


Bild 75. Entstippungseffekt mit der GHMI

a) Stippenhaltiger Turbolöserstoff (Altpapier) von der „Gegenläufigen Hydromühle" GHMI
b) Entstippter Stoff (Altpapier) nach einmaligem Durchgang durch die „Gegenläufige Hydromühle', GHMI, dabei geringste Mahlungsgradsteigerung

Eine andere Konstruktion, die ohne Messer arbeitet, ist der „Escher-Wyss-Entstipper".

Aus der im Bild 76 dargestellten Schnittzeichnung ist zu erkennen, daß der Entstipper aus drei Rotorringen R_1, R_2, R_3 und drei Statorringen S_1, S_2, S_3 besteht, die konzentrisch ineinandergreifen. Während die Rotorringe fliegend auf der Welle angeordnet sind, sind die Statorringe am Deckel befestigt. Aus dem Bild ist weiter ersichtlich, daß Rotoren und Statoren in Zähne und Schlitze unterteilt sind, deren Anzahl von innen nach außen größer wird. Abgeleitet von der mittleren Faserlänge eines Fichten-Sulfitzellstoffes, beträgt der Spaltabstand 1 mm. Durch die Festlegung dieses Spaltabstandes soll vermieden werden, daß eine starke Faserkürzung durch Scherwirkung eintritt. Die Umfangsgeschwindigkeit beträgt, bedingt durch die Drehzahl von

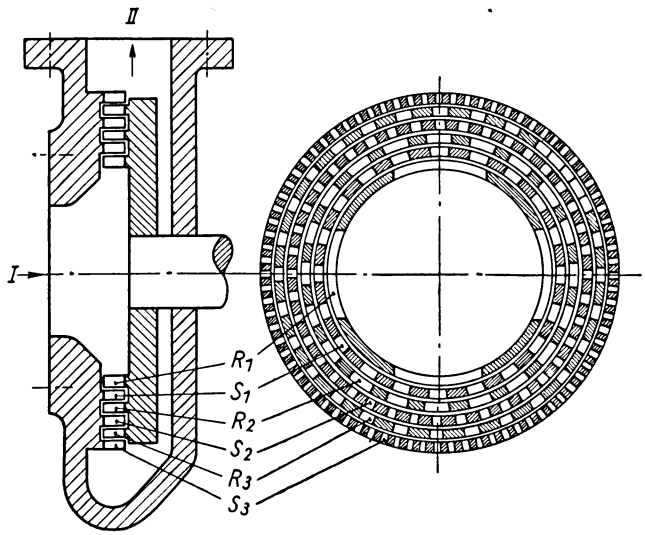


Bild 76. Schema eines Escher-Wyss-Entstippers

3000 min^{-1} und den Radius des äußersten Rotors, 40 m/s. Diese Geschwindigkeiten wurden durch eingehende Versuche als die zweckmäßigsten ermittelt. Der zu entstippende Stoff tritt bei I in die Maschine ein, wird vom Rotorring R_1 erfaßt, auf Geschwindigkeit gebracht und mit dieser gegen die Zahnflanken des Statorringes S_1 geschleudert. Dabei wird die im Rotor erzeugte Geschwindigkeitsenergie fast völlig in Druck umgewandelt. Dieser Druck preßt die Stoffsuspension durch den Statorschlitz, wonach sie auf den Rotor R_2 prallt, der mit höherer Umfangsgeschwindigkeit läuft. Der gleiche Vorgang wiederholt sich im Rotor R_3 und Stator S_3, nach dem der Stoff aus der Maschine austritt. Der Stoffaustritt ist radialsymmetrisch angeordnet. Diese Konstruktion hat den Vorteil, daß nach einer bestimmten Betriebszeit eine Umkehrung der Laufrichtung des Rotors möglich ist und damit die bisher nicht belasteten Zahnflanken beaufschlagt werden. Damit erreicht man eine gleichmäßige Abnutzung der Zahnflanken, wie sich das in der Praxis erwiesen hat. Der Entstippungsvorgang dürfte also nach den erfolgten Darlegungen auf den Aufprall der Fasern auf die Zähne des Stators zurückzuführen sein. Infolge der Verteilung der Stoffsuspension in die vielen Kammern des Entstippers ergeben sich aus der Anzahl der Schlitze und der Umdrehungszahl des Rotors 1600000 Prallungen/s [46]. Der Konsistenzbereich des Entstippers liegt zwischen 2···6 %, wobei es sich empfiehlt, für den jeweiligen Faserstoff die zweckmäßigste Konsistenz zu ermitteln um eine gute Entstippungsleistung bei wirtschaftlichem spezifischem Arbeitsaufwand zu erzielen. Die bereits erwähnten Verfasser weisen an Hand der Ergebnisse ihrer eingehenden Versuche nach, daß der spezifische Kraftbedarf bei höheren Stoffdichten, infolge der damit verbundenen größeren Durchsatzmenge, günstiger ausfällt als bei geringeren Dichtebereichen. Der Einlaufdruck sollte zweckmäßig bei 4···5 mWS gehalten werden, weil sich daraus ein weiterer Vorteil für den spezifischen Arbeitsaufwand ergibt.
Diese Entstipper werden in zwei Größen, und zwar mit 30···34 t/d und 100 t/d, gebaut. In der nachstehenden Tabelle sind die optimalen Arbeitsbedingungen und -verhältnisse für verschiedene Stoffe aufgeführt.

Tabelle 23. Die optimalen Arbeitsverhältnisse für den Escher-Wyss-Entstipper beim Entstippen verschiedener Fasermaterialien [46]

Faserstoffe	Optimale Arbeitsbedingungen				Optimale Arbeitsverhältnisse			
	Stoff-dichte %	Ein-lauf-druck mWS	Aus-lauf-druck mWS	Durchs. Volumen l/min	Durchs. menge t atro/d	Zahl der Durch-gänge	Leist. Aufn. KW	Spezifische Arbeitsbed. KWh/100 kg atro
Zeitungspapier	5	9	4,5	~ 600	41	1	47	2,8
gem. Altpapier	4,5	2,3	0,35	~ 600	38	2	46	6
Kunstdruckpapier								
a) für Entstipp.	4	5	2,6	~ 830	47	2	53	5
b) für Strich-dispergierung	2	1	2,4	~ 600	17,5	3	42	16,8
Strohzellstoff	4,3	5	4,5	~ 770	47,5	2	52	5,3
Pergaminpapier	4,5	5	5,3	~ 550	36	2	45	6
Holzschliff	4,5	5	7,5	~ 500	32,5	2	39	5,8
Hollerithkarton	5,5	5	4,8	~ 360	29	2—3	45	6—10

Eine andere Konstruktion, die sich ebenfalls sehr gut bewährt hat und gut für die Entstippung von Faserstoffsuspensionen geeignet ist, ist der „Supratonentstipper". Das Bild 77 zeigt den Aufbau dieser Maschine, der dem bereits beschriebenen Escher-Wyss-Entstipper im Prinzip entspricht. Als nähere Erläuterung für die technischen Daten und die Leistungen möge deshalb die nachstehende Tabelle dienen.

Tabelle 24. Leistungsparameter des Supratonentstippers [47]

Bezeichnung der Angabe	Supraton-Entstipper-Type			
	Piccolo	Rapid I (411c)	Rapid II (420a)	Rapid (430)
a) Leistung KW	30	50	50	125
PS	40	66	66	165
b) Drehzahl min^{-1}	3000	3000	3000	1500
Durchsatzleistung				
a) Basis Wasser m^3/h	20	45	45	85
b) Faserstoff mit Durchschnittl. Dichte von 5 % (abhängig von Stoffart) kg atro/h	300 bis 400	1200—1800	1200—1800	3500—4800
Spezifischer Kraftbedarf KWh/100 kg atro	∅ 8,5	∅ 3,5	∅ 3,5	∅ 3,1
Pumpwirkung				
a) Saugen mWS	6	6	6	
b) Drücken mWS	12	12	12	

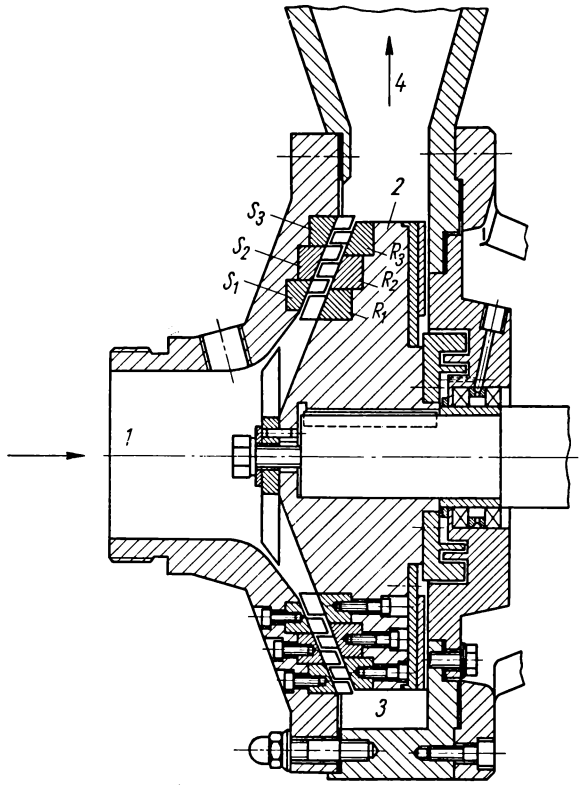


Bild 77. Supraton-Entstipper
(*1*) Stoffeintritt, (*2*) Rotor, (*3*) Statorgehäuse, (*4*) Stoffaustritt, (S_1 — S_3) Statorringe, (R_1 — R_3) Rotorringe

Wie aus der Beschreibung der Entstipperkonstruktionen zu erkennen ist, arbeiten diese nur mit einem sehr geringen Spalt zwischen dem Stator und dem Rotor. Für den Escher-Wyss-Entstipper E 2 wird z. B. ein Radialspiel von nur 1 mm angegeben. Das bedeutet, daß diese Maschinen besonders empfindlich gegen Metallbestandteile sind, die die Entstippergarnituren beschädigen. Es ist deshalb notwendig, die Stoffe vor dem Zulauf auf die Entstipper sehr eingehend von derartigen Bestandteilen zu reinigen. Zweckmäßig ist auch das Vorschalten von Magnetabscheidern. Eine weitere Entstipperkonstruktion ist die im Bild 78 gezeigte. Die Entstippergarnitur besteht hier aus drei dicken, sehr harten, gelochten Scheiben, von denen die beiden äußeren feststehen und die mittlere rotiert. Zwischen drei Scheiben befinden sich zwei Spalten, deren Weite dem Stoffcharakter entsprechend eingestellt werden kann. Der Stoffeintritt erfolgt bei A. Der Stoff wird bei dem Durchgang durch die Maschine gezwungen, mit hoher Geschwindigkeit von den Rotor- zu den Stator- und wieder zu den Rotorlöchern überzuwechseln. Er verteilt sich dabei gleichmäßig zwischen den Scheiben. Durch die aneinander vorbeigleitenden Löcher wird eine pulsierende Stoffbewegung in Richtung der Lochachsen hervorgerufen, d. h., die Stoffströmung wird gestoppt, wenn die Lochmündungen der Gegenscheibe teilweise geschlossen werden, und beschleunigt, wenn sie übereinanderliegen. Durch die eintretende Zick-Zack-Bewegung, die stetigen Verzögerungs- und Beschleunigungsvorgänge, den großen

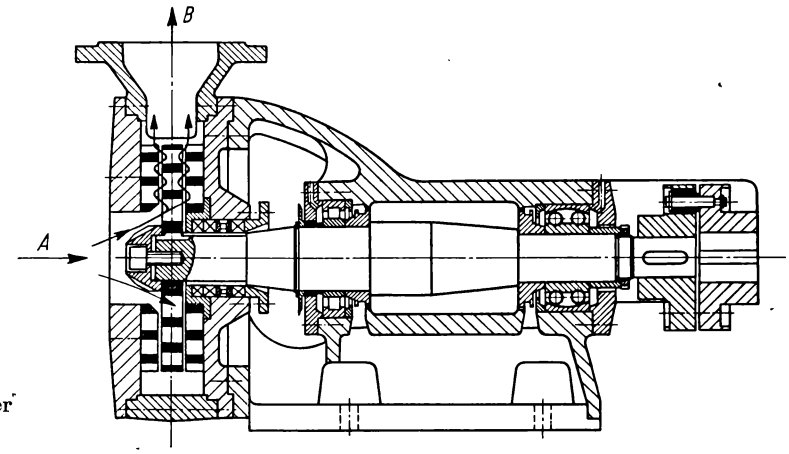


Bild 78
Voith-Entstipper

Wechsel der Geschwindigkeiten und darüber hinaus die innere Stoffreibung werden die Stippen in Einzelfasern zerlegt. Der Stoffaustritt erfolgt bei B. Der Entstipper ist nicht selbstansaugend, es genügt aber in vielen Fällen eine Zulaufhöhe von 2···3 m, sie ist jedoch abhängig von der Stoffdichte und auch der Stoffmenge. Bei hohen Stoffmengen und Stoffdichten muß die Suspension dem Entstipper zugepumpt werden. Die Parameter dieses Entstippers sind folgende:
Durchsatzmenge in Abhängigkeit von der Stoffart und Garnierung bis 30 t/d bzw. bis 55 t/d bei einer Stoffdichte von 6 % und bei einer Drehzahl von 2900 min^{-1}. Der Leistungsbedarf schwankt zwischen 35···50 bzw. 50···75 kW!
Eine sehr bedeutende Neuentwicklung auf dem Gebiet der Stoffaufbereitungsmaschinen ist der in der ČSSR von Pav entwickelte Superfiner. Diese Maschine ist nach den neuesten Erkenntnissen der Mahltheorie entwickelt und eignet sich für den Einsatz in allen Bereichen der Stoffaufbereitung, sowohl zur Entstippung als auch zur Mahlung. Das Aggregat besteht aus einem zylindrischen Gehäuse mit axialem Stoffeintritt und radialem Stoffaustritt. Die mit Vibrationselementen bestückten Mahlorgane bestehen aus dem im Gehäuse befestigten Stator und dem auf der Welle fliegend gelagerten Rotor. Der Stator besteht aus vier konzentrisch angeordneten Ringen, die entsprechend zunehmendem Durchmesser auch mit der entsprechenden Anzahl von Vibrationselementen bestückt sind, deren innere Mahlflächen kegelförmig und deren äußere Mahlflächen walzenförmig ausgebildet sind. Der Rotor besteht entsprechend der Einteilung des Stators aus drei ebenfalls konzentrisch angeordneten Ringen, deren Vibrationselemente konisch ausgebildet sind. Die Größe der Konizität richtet sich nach der zur erreichenden Wirkung. Für die reine Entstippung hat sich eine kleinere, für die Mahlung eine größere Konizität als zweckmäßig erwiesen. Der Stoff tritt durch den axialen Stoffeintritt in die Maschine ein und durchströmt die Bemesserung von innen nach außen in radialer Richtung. Infolge der Zentrifugalkraft steigt der Druck in der Strömung. Die Suspension wird durch die Vibrationselemente des Rotors in die Zwischenräume derselben am Stator geschleudert, prallt an den Kanten und Flächen zurück und gelangt erneut zwischen die Vibrationselemente des nächsten Ringes. Dadurch entsteht eine starke Druckpulsation, die im Bereich des

Ultraschalls liegt. Die Maschine wird in zwei Größen gebaut. Nachstehend einige wichtige Parameter der Größe 2:

	Superfiner PM2+	Superfiner PR2+
Umdrehungen in min^{-1}	2965	2975
Schluckfähigkeit in l/min	500	1100···1700
Eingangsdruck in at	2···4	6···10
Stoffdichte in %	2···4	4···6
Mahlung: Menge in t/d	25···30	—
Entstippung:		
Altpapier in t/d	—	60···100
Zellstoff in t/d	—	40···70

+ Type PM für Mahlung
Type PR für Entstippung

8.2.4. Bütten

In der modernen Stoffaufbereitungsanlage verwendet man die Bütte nicht nur zur Stapelung der in Form von Suspensionen vorliegenden Halb- und Ganzstoffe. Sie wird auch in zunehmendem Maße zum Mischen der verschiedenen Halbstoffkomponenten untereinander und mit den Hilfsstoffen eingesetzt. Damit ist der Einsatzbereich bedeutend erweitert worden auf solche Aufgaben, die bisher vom Holländer durchgeführt wurden. Entgegen den herkömmlichen Rührbütten verwendet man in einer modernen Anlage eine große Anzahl von liegenden und stehenden, meist mit Propellerumtrieb versehenen Bütten. Man sollte bei den Bütten grundsätzlich zwei Hauptgruppen unterscheiden, und zwar die Stapelbütten, in denen die Halb- und Ganzstoffe bis zur Weiterverwendung aufbewahrt werden, und die Mischbütten, in denen die Mischung der Halb- und Hilfsstoffe erfolgt. Als Vorratsbütten für die aufgelösten Halbstoffe verwendet man in fast allen Fällen liegende Bütten. Diese haben den Vorteil, daß sie auf ein großes Volumen ausgelegt werden können, das sich auf eine größere Grundfläche verteilt. Der Inhalt dieser Bütten ist unterschiedlich und richtet sich nach der zu stapelnden Menge. In Abhängigkeit von dieser werden liegende Bütten mit Volumen von 10 m^3 bis zu 1000 m^3 ausgelegt. Die Bütte hat aber nicht allein die Aufgabe, die aufgelösten Halbstoffe zu stapeln, sondern auch eine gleichmäßige Konsistenz des Gesamtinhaltes aufrechtzuerhalten. Als zweckentsprechendes Umwälzorgan hat sich hierzu der Büttenpropeller erwiesen, der in der im Bild 79 dargestellten Form eingebaut wird. Die Propeller zeichnen sich durch sehr einfachen Aufbau aus. Ein wesentlicher Vorteil dieser Konstruktion ist darin zu sehen, daß der Stoff schonend behandelt und trotzdem gleichmäßig in der Bütte umgetrieben und eine Entmischung des Stoffes vermieden wird. Alle Beeinflussungen des Stoffcharakters, die durch Reibung an den Schaufeln und im Spalt eintreten können, werden trotz eines hohen Arbeitseffektes auf ein Minimum beschränkt.
Für die Mischung der einzelnen Stoffkomponenten untereinander und mit den verschiedenen Hilfsstoffen verwendet man heute allgemein die stehende Propellerbütte, die als Mischorgan über einen Propeller, dessen Flügel entweder feststehend oder verstellbar sind, verfügt. Ein Propeller mit feststehenden Flügeln wird z. B. von dem

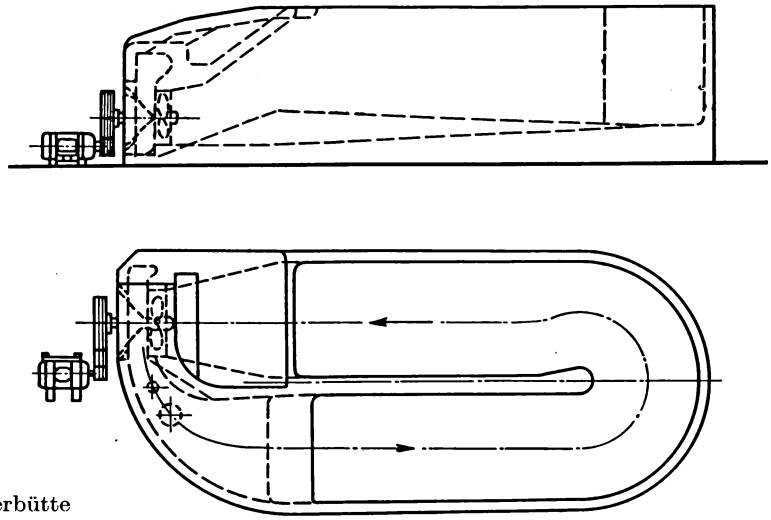


Bild 79
Liegende Propellerbütte

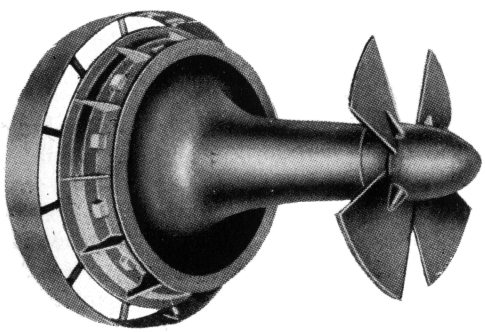


Bild 80. Spezial-Bütten-Propeller

VEB Papiermaschinenwerke Freiberg gebaut, dessen günstige Flügelstellung durch Versuche ermittelt wurde. Von den stehenden Bütten gibt es verschiedene Typen, die teilweise mit und zum Teil auch ohne Einbauten angewendet werden. Bei einer Bütte ohne Einbauten erfolgt eine intensive Mischung in sehr kurzer Zeit lediglich durch die Umdrehungen des Umwälzpropellers und die Stellung der Flügel. Das Fassungsvermögen dieser Bütten beträgt etwa 30···40 m³ und der Leistungsbedarf für den Propeller 33 kW. Diese Büttenbauart hat sich auch als Maschinenstoffbütte sehr gut bewährt. Bild 80 zeigt einen Spezialpropeller PP 200 mit verstellbaren Flügeln.

8.2.5. Mahlung der Halbstoffe

Gegenüber der bisher im Holländer mit einem mehr oder weniger großen spezifischen Energieaufwand durchgeführten Mahlung hat sich eine vollkommene Veränderung in der Technologie durchgesetzt. Man ist bereits in sehr starkem Maße zur Mahlung von Halb- und Ganzstoffen mit den verschiedensten Mühlen übergegangen. Lediglich

dort, wo es auf eine spezielle, ja sogar individuelle Mahlbehandlung des Stoffes, z. B. bei Matrizenpappen, ankommt, verwendet man auch heute noch den Holländer. Entgegen dem Holländer hat die Mühle, die vielfach auch als Refiner bezeichnet wird, einen vollkommen anderen Mahleffekt.
Die Hydromühlen des VEB Papiermaschinenwerke Freiberg arbeiten mit Umfangsgeschwindigkeiten, die etwa 20···30 m/s betragen (Holländer 9···10 m/s). Die Stoffkonsistenzen liegen bei den einzelnen Konstruktionen unterschiedlich zwischen 2,5 und 6,5 %. Durch die Berührung der Fasern mit den feststehenden und sich bewegenden Teilen und die dadurch entstehende innere Reibung innerhalb der Stoffsuspension wird ein Bürsten und Quetschen der Fasern erreicht und dadurch die noch vorhandenen Faserbündel zerlegt. Da durch die hohen Umfangsgeschwindigkeiten und die dadurch entstehenden wechselnden Drücke auch die Faseroberfläche mit beansprucht wird, ergibt sich eine verhältnismäßig kurze Behandlungsdauer des Stoffes in der Mühle. Eine charakteristische Erscheinung beim Mahlen mit schnellaufenden Mühlen ist eine teilweise Spaltung der Fasern und ein Fibrillieren. Durch diese Veränderung der Fasern, die ohne Entwicklung eines hohen Anteils an Schleimstoff vor sich geht, tritt eine Festigkeitserhöhung bei niedrigen Mahlungsgraden ein. So erreicht man z. B. bei 30···35 °SR die gleichen Festigkeitswerte wie bei 50···70 °SR durch Holländermahlung. Durch diese Arbeitsweise ist es möglich, im Durchfluß zu arbeiten.

8.2.5.1. Probleme der Stoffmahlung mit modernen Mahlmaschinen

Der Einsatz moderner Mahlmaschinen erfordert mehr als bei der Holländermahlung die Beachtung aller der Faktoren, welche die Mahlung und die Erreichung optimaler Festigkeitseigenschaften des Fertigproduktes beeinflussen können. Dazu gehören einmal die morphologische Struktur und die chemische Zusammensetzung der Faserrohstoffe, zum anderen die mechanischen und physikalischen Wirkungen bei der Mahlung selbst. Die neueste Forschung hat an Hand vieler tiefgründiger Arbeiten nachgewiesen, daß es notwendig ist, diese Faktoren bereits bei der Aufstellungsplanung einer Mahlanlage eingehend zu prüfen und zu beachten. Das heißt also, daß es notwendig ist, ausgehend von der gewünschten Qualität und dem Gebrauchswert des Finalproduktes, sich darüber klar zu werden, welche Rohstoffe dazu zur Verfügung stehen, wie deren Zustand ist und welches die geeigneten Mahlmaschinen und Mahltechnologien sind, um mit wirtschaftlich vertretbarem spezifischem Arbeitsaufwand und hohem Wirkungsgrad die notwendigen Parameter zu erreichen.

Morphologische Struktur und chemische Zusammensetzung

Bei der Betrachtung der morphologischen Struktur eines Faserholzes wurde bis vor nicht allzu langer Zeit vor allem die Faserlänge in den Vordergrund gestellt und dabei dieser der maßgebende Einfluß auf die Blattbildung und damit der Blatteigenschaften zugeschrieben. Das war auch der Grund dafür, daß man den Nadelhölzern allein die erforderlichen Eigenschaften zuschrieb, während man die Laubholzfaser nur als einen Notbehelf ansah. Zwischenzeitlich ist durch maßgebende Forscher, wie *Jayme*, *Wultsch* usw., nachgewiesen worden, daß die Laubholzfasern nur einen Einfluß auf die Einreißfestigkeit ausüben, während alle übrigen mechanischen Festigkeiten erst bei Faserlängen unter 0,8 mm beeinträchtigt werden [48]. Durch die genannten Forscher

wurde aber gleichzeitig nachgewiesen, daß die Dicke der Faserwand bzw. deren Anteil am Faserquerschnitt einen wesentlich größeren Einfluß ausmacht. *Wultsch* schreibt dazu wörtlich: „Während Fichtenholzfasern mit einem Zellwandanteil von etwa 33 % eine starke plastische Verformbarkeit zeigen, erklären die höheren analogen Werte für Laubhölzer zwischen 41 und 92 % deren Eignung für die Herstellung voluminöser Papiersorten. Dies vor allem deshalb, weil bandförmig trocknende Fasern jeweils ein dichteres Gefüge ergeben als solche, die ihre Röhrenform auch nach der Trocknung beibehalten."

Auswirkungen der chemischen Zusammensetzung auf die Blattbildungseigenschaften üben speziell der Gehalt an Reinzellulose, Hemizellulose und Lignin aus, wobei die bestehenden Unterschiede in den Anteilen zwischen Nadel- und Laubholz beachtet werden müssen.

Bekanntlich liegt der Ligningehalt bei den Laubhölzern wesentlich niedriger, dafür ist aber der Gehalt an Hemizellulose nicht unwesentlich höher. Bekanntlich entwickeln aber gerade die Hemizellulosen unter dem Einfluß der Mahlung eine sehr gute Fähigkeit zur Faserbindung, woraus sich wiederum gute Festigkeitseigenschaften bei den einzelnen Zellstoffen ergeben. Ein weiterer Vorteil, der sich aus dem Vorhandensein eines hohen Anteiles an Hemizellulosen ergibt, ist das gute Quellvermögen dieser Zellstoffe, was sich wiederum auf die Mahlentwicklung bzw. Mahldauer zur Erreichung eines bestimmten Mahlungsgrades auswirkt, siehe hierzu Bild 81. Welchen Einfluß der Polymerisationsgrad und der Ligninanteil auf die Festigkeit eines Faserstoffes ausüben, sei am Bild 82 gezeigt.

Zu den Faktoren, die den Mahlprozeß bei modernen Mahlmaschinen beeinflussen, gehören besonders die Stoffkonsistenz, die Kegeleinstellung, die Kraftaufnahme, der Stoffdurchsatz, die Gleichmäßigkeit der Beaufschlagung, die Drehzahl des Kegels, die Anzahl und Breite der Messer, das Messermaterial und nicht zuletzt der Kegelwinkel. Es ist weiter zu beachten der Zustand der Faserstoffe, d. h. die Nullpunktparameter, die Art der Mahlung, ob getrennte oder gemeinsame Mahlung verschiedener Faserstoffe erfolgen soll. Eine weitere Bedeutung kommt der Art der Mahlung insofern zu, als zu entscheiden ist, ob im Durchgang durch ein oder mehrere Mühlen gemahlen

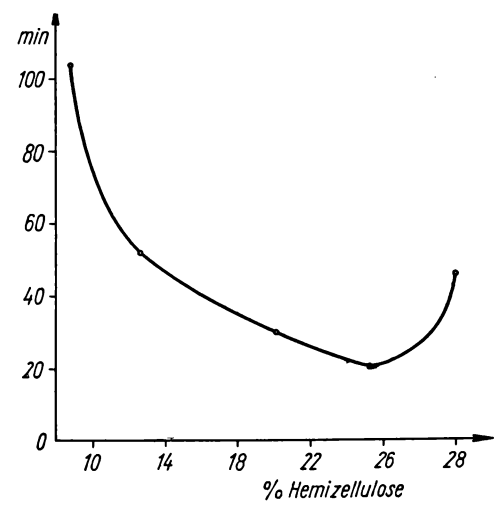


Bild 81. Abhängigkeit der Mahldauer vom Hemizellulosegehalt bei 50° SR

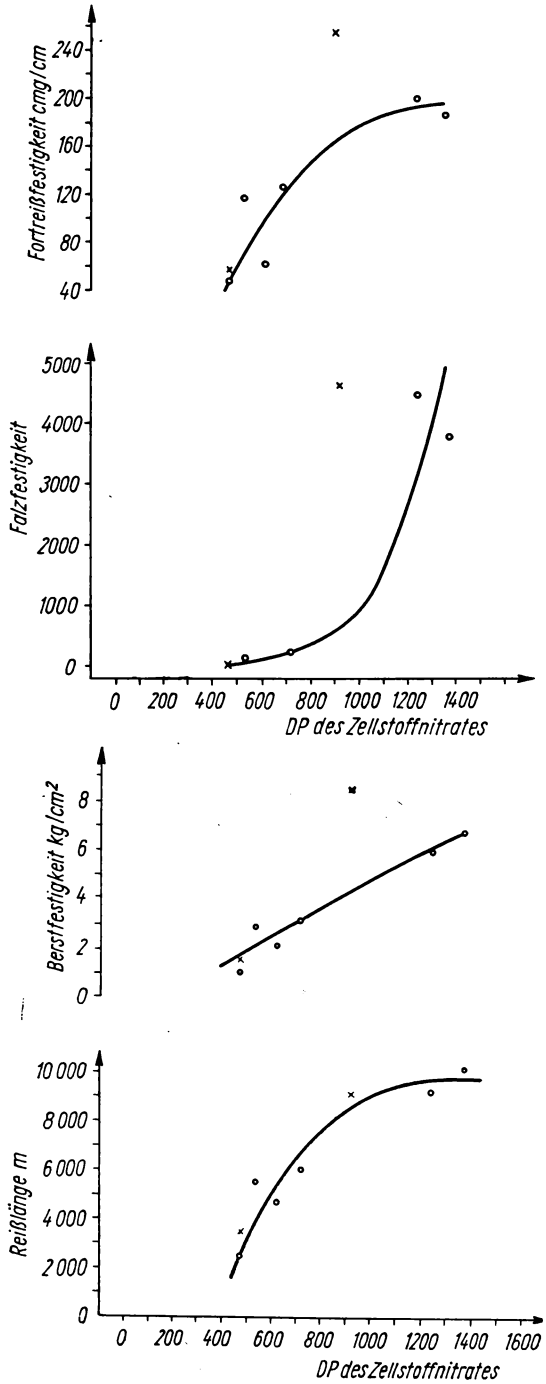


Bild 82. Einfluß des Polymerisationsgrades auf

a) die Fortreißfestigkeit und Falzfestigkeit. – Sulfitzellstoff, × Sulfatzellstoff

b) die Berstfestigkeit und die Reißlänge – Sulfitzellstoff, × Sulfatzellstoff

werden sollte oder ob zweckmäßigerweise überhaupt eine Zykliermahlung erfolgt. Zur Entwicklung der Festigkeitseigenschaften kommt es vorwiegend darauf an, daß während des Mahlprozesses, durch Aufreißen der Primär- und S_1-Wand die hauptsächlich in der S_2-Wand eingelagerten Hemizellulosen frei gemacht werden, damit sie mit Wasser ein Gel bilden können. Dadurch werden die Fasern geschmeidig und formbar, so daß beim Trocknen die Oberflächenkräfte des schwindenden Wassers diese in innige Verbindung zueinander bringen, wobei sich gleichzeitig viele Wasserstoffbrücken bilden können. Siehe hierzu auch *Aaltio* und *Emerton* [49] und [50]. *Sylvia Schmidt* sagt in ihrer Arbeit über die Blattbildung [51] auf dem Langsieb unter Bezugnahme auf die in Cambridge 1957 erfolgte Definition der Zwischenfaserbindung wörtlich: „Danach werden die Wasserstoffbrücken der Zellulose während der Mahlung in wäßrige Suspensionen aufgebrochen und durch solche zwischen Zellulose und Wasser ersetzt, d. h. die Faser lagert Wasser an und der Stoff wird schmierig. Wenn die Faser im Verlauf der Entwässerung das angelagerte Wasser wieder abgibt, bilden sich im dichten Vlies die Wasserstoffbrücken der Zellulose nicht nur innerhalb einer, sondern oftmals zwischen verschiedenen Fasern zurück. Es entsteht ein Fasernetzwerk, dessen Elemente an zahlreichen Punkten miteinander verknüpft sind. Diese Zwischenfaserbindungen bestimmen dann durch Art und Zahl neben der Blattstruktur die Festigkeit des fertigen Blattes." Ein nicht unwesentlicher Faktor, der sich positiv auf die Festigkeitsentwicklung eines Faserstoffes auswirkt, ist die Quellung. Dabei soll nicht außer acht gelassen werden, daß Quellzeit und Quellungsmaximum jeweils abhängig sind vom Ausgangszustand des verwendeten Faserstoffes, d. h. ob es sich z. B. um einen harten oder weichen, einen gebleichten oder ungebleichten Zellstoff handelt, wobei Ligningehalt und Polymerisationsgrad den bereits erwähnten Einfluß auch hier ausüben. *Wultsch* und *Weissmann* [52] haben in halbtechnischen Versuchen nachgewiesen, welchen Einfluß die Quellung auf die Festigkeitsentwicklung ausübt, wie z. B. aus nachstehendem Bild 83 eindeutig zu entnehmen ist. Die Verfasser kommen zu dem Schluß, daß eine Quellzeit von 4 h im allgemeinen genügt und deshalb die Aufstellung eines Büttenraumes vor der Mahlanlage für eine Stoffmenge, die für 4 h ausreicht, vorgesehen werden sollte. Sie stellen weiter fest, daß bei ein und demselben Mahlungsgrad und spezifischen Kraftaufwand der Mahlanlage eine Festigkeitssteigerung bis zu 15 % erreicht werden kann bzw. die Stoffe die gleiche Festigkeit bei niedrigerem Mahlgrad erreichen, was sich wiederum positiv auf die Entwässerung auf dem Sieb und damit die Leistung der Maschine auswirkt. Wegen der großen Bedeutung der Kenntnis der Zusammenhänge bei der Stoffmahlung mit modernen Mahlmaschinen und -technologien sei in diesem Zusammenhang auf die Arbeiten von *Jayme* [53] verwiesen, weil sie zur Klärung vielfach noch unbekannter Zusammenhänge beitragen.

Es ist nicht unbekannt, daß die derzeit hauptsächlich verwendeten Mahlmaschinen-Konstruktionen, nämlich die Flach- und auch die Steilkegel-Refiner und die bei diesen anwendbare Stoffkonsistenz, keine optimale Faserbehandlung, die im Interesse der Erzielung höchster Festigkeitseigenschaften wünschenswert ist, zulassen.

Die Entwicklung der Fasereigenschaften bei der Stoffmahlung ist abhängig von dem Grad der inneren Reibung des Faser-Wasser-Gemisches. Bei niedriger Stoffdichte ist die Reibung zwischen den Fasern gleich der des Wassers, bleibt also auf die Faserbehandlung fast wirkungslos. Um eine Faserbehandlung zu erreichen, ist es notwendig, die Mahlorgane soweit aneinander zu stellen, daß zwischen ihnen ein Abstand von der Größe eines Faserdurchmessers vorhanden ist. Die Folge der niedrigen Stoffkonsistenz

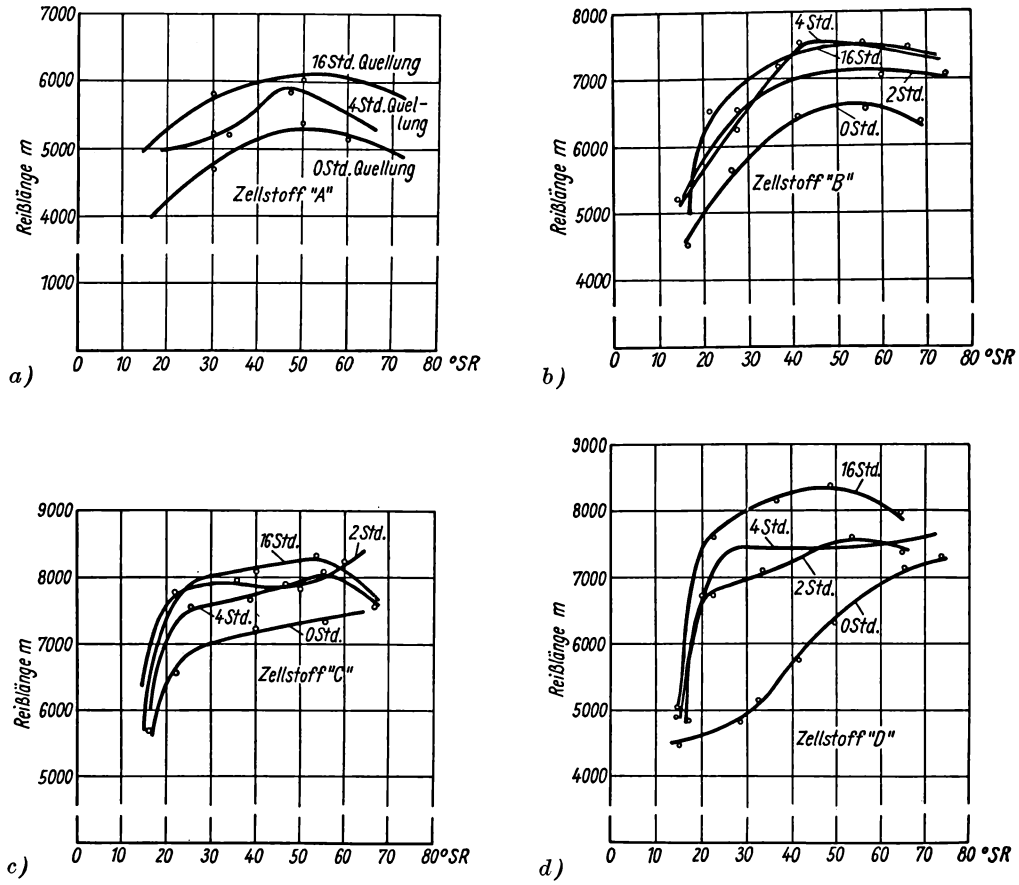


Bild 83. Einfluß der Quellung auf die Entwicklung der Reißlänge von Zellstoffen verschiedener Aufschlußgrade

a) Zellstoff A, *b*) Zellstoff B; *c*) Zellstoff C, *d*) Zellstoff D

und der engen Zusammenführung der Mahlorgane ist eine hohe Faserbeanspruchung durch die Oberflächen der Mahlorgane, die dazu führt, daß Faserbruchstücke entstehen, die mittlere Faserlänge verringert wird und damit Veränderungen in der Faserlängenverteilung eintreten. Dazu kommen außerdem die Ungleichmäßigkeiten im Messerspalt, die sich aus unterschiedlichem Verschleiß über die gesamte Messerlänge einstellen. Diese haben zur Folge, daß einerseits eine starke Schneidwirkung und damit Faserkürzung eintritt, andererseits die Faser beinahe völlig unbehandelt bleibt.

Ausgehend von der Betrachtung, daß das Wasser in der Faserstoffsuspension ähnlich einem Schmiermittel wirkt und sich die innere Reibung mit zunehmender Stoffdichte erhöht, weil die Faseroberflächen miteinander in engeren Kontakt kommen und damit die Faserreibung eine zunehmende Bedeutung bei der Faserbehandlung spielen kann,

haben sich verschiedene Forscher in letzter Zeit mit der Stoffmahlung bei hoher Stoffdichte beschäftigt. *West* [54] und Mitarbeiter entwickelten ausgehend von den getroffenen Feststellungen das HCR-Verfahren (High Consistency Refining = Mahlen bei hoher Stoffdichte). Sie stellten bei ihren Untersuchungen fest, daß die Mahlwirkung bei hoher Stoffdichte tatsächlich durch die Zwischenfaserreibung des Faserpolsters in der Mahlzone hervorgerufen wird und demzufolge mit größeren Abständen zwischen den Mahlorganen gearbeitet werden kann und dadurch wiederum die schädigende Wirkung eng aufeinander laufender Flächen und Kanten beseitigt wird. Sie beweisen ihre Feststellungen damit, daß sie eine nicht unbedeutende Steigerung der Fortreißfestigkeit und der Querdehnung nachweisen und darüber hinaus annähernd gleiche Berstfestigkeiten ermittelten, während die Reißlängen entweder gleichfalls gleichbleiben bzw. nur geringfügig niedriger liegen.
Als Mahlmaschine verwendeten die Forscher Scheibenrefiner, weil auf ihnen Zellstoffe mit hoher Stoffkonsistenz durchgesetzt werden können, während sich die herkömmlichen Flachkegelrefiner nicht ohne größere Veränderung in der Stoffzuführung verwenden lassen. Die Stoffdichte beträgt bei diesem Verfahren 30 %. Die Einschaltung des Verfahrens in bestehende Stoffaufbereitungsanlagen ist ohne Schwierigkeiten möglich. Der Mahlmaschine ist lediglich eine Entwässerungsmaschine, mit der eine Stoffdichteerhöhung auf 30 % erzielbar ist, vorzuschalten.
Nach dem von *West* und Mitarbeitern entwickelten Verfahren arbeiten in den USA bereits mehrere Anlagen, deren Tagesleistungen zwischen 100 und 200 t liegen und die für die verschiedensten Papier- und Kartonsorten mit bestem Erfolg eingesetzt werden, wobei teilweise auch mit einer Kombination von Hochdichte- und klassischer Refinermahlung gearbeitet wird. Als besonderer Vorteil des Verfahrens werden von *West* die sich dadurch ergebenden Möglichkeiten der Steigerung des Anteiles von Kurzfaserzellstoffen bzw. die Verbesserung der Ringsteifigkeit und des Flachstauchdruckes bei Wellpappenpapieren, die mit Altpapieren gearbeitet werden, hervorgehoben.
Zu den gleichen Ergebnissen wie *West* und Mitarbeiter kommt *Rosenfeld* [55], der seine Untersuchungen mit einem speziell hierzu konstruierten Escher-Wyss-Entstipper mit Zuführschnecke durchführte.

8.2.5.2. Mahlmaschinen

Von den vielfältigen auf diesem Gebiet vorhandenen Konstruktionen sollen nur zwei näher beschrieben werden. Die Mahlelemente der einfachen Hydromühle (Bild 84), wie sie zum Beispiel vom VEB Papiermaschinenwerke Freiberg gebaut wird, haben die Form eines Flach-Kegels. Die Mühle besteht aus einem Gehäuse, das über den ganzen Umfang mit Messern bestückt ist und das die Aufgaben des Grundwerkes erfüllt. In den Fällen, wo es erforderlich ist, kann die Garnierung auch mit Steinmahlzeugen erfolgen. Im Gehäuse läuft ein Kegel, der so gelagert ist, daß er gegen das Gehäuse axial verschoben werden kann. Er ist ebenfalls mit Messern bestückt und übt die Funktion der Walze aus. Durch die Möglichkeit der axialen Verschiebung sind die Voraussetzungen für die Veränderung des Abstandes zwischen den beiden Mahlelementen gegeben. Der Stoff wird den Mahlelementen am kleineren Durchmesser des Kegels zugeführt, durch den Druck des nachfließenden Stoffes zwischen Kegel- und Gehäusemesser gedrückt und dort gemahlen. Durch die hohe Umfangsgeschwindigkeit des Kegels tritt gleichzeitig eine Pumpenwirkung auf, die den Stoff

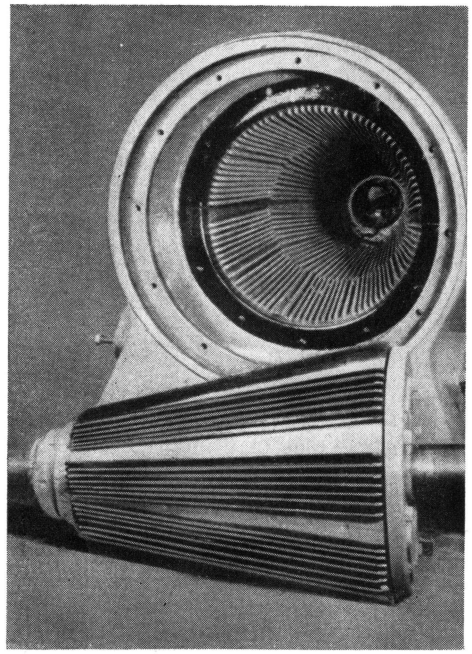


Bild 84. Hydromühle HM III

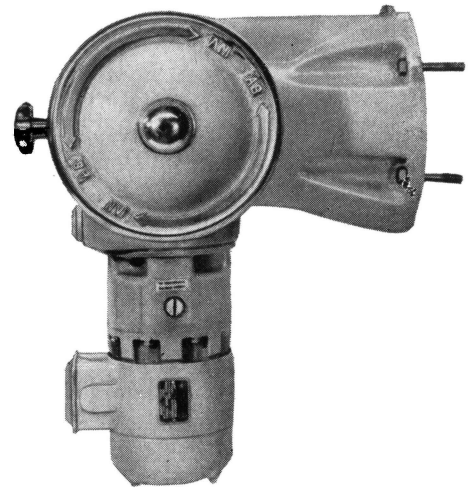


Bild 85. Kegelfernverstellung

Tabelle 25. Technische Daten von Hydromühlen des VEB Papiermaschinenwerke Freiberg [56]

Type	HM I	HM II	HM III
Leistungsaufnahme in kW	25···45	50···70	160···220
Durchsatzmenge in atro t/d	3···18	5···25	50···70
Stoffdichte in %	3···4	3···4	3···4
Umdrehungen je min	1450	960	750

am großen Kegeldurchmesser durch die Austrittsöffnung aus der Mühle fördert. Die Verstellung des Kegels gegen das Grundwerk kann mittels Handrads oder durch eine Kegel-Fernverstellungseinrichtung erfolgen (Bild 85). Je nach dem gewünschten Mahleffekt ist es möglich, bei diesen Mühlen mit mehreren Durchgängen zu arbeiten oder mehrere Mühlen hintereinander oder parallel zu schalten. Diese Mühlen werden in verschiedenen Größen und mit unterschiedlichen Leistungen gebaut [56].

Die aus der Tabelle zu ersehende unterschiedliche Durchsatzmenge wird beeinflußt durch den Effekt, der erreicht werden soll, d. h., ob nur aufgeschlagen oder mehr oder minder stark gemahlen wird. Auch die Stoffdichte hat auf die Durchsatzmenge einen Einfluß.

Eine vollkommen andere Konstruktion ist der „Morden-Stockmaker-Refiner", dessen Aufbau aus dem Bild 86 zu erkennen ist. Diese Bauart unterscheidet sich von der bisher geschilderten dadurch, daß ein Teil des Stoffes während der Mahlung in der Mühle im Umlauf gehalten werden kann. Das hat den Vorteil, daß hierdurch eine

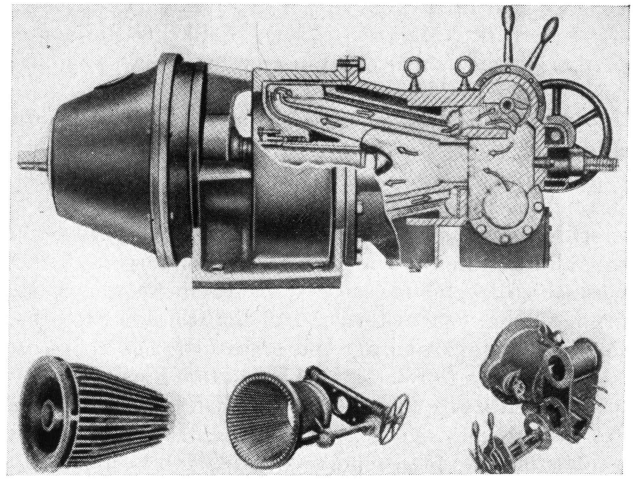


Bild 86. Mordon-Stockmaker

ganz spezielle, den Erfordernissen entsprechende Beeinflussung des Stoffcharakters erfolgen kann. Der Stoff tritt vor dem kleinen Durchmesser des Hohlkegels ein und strömt durch das Innere desselben dem großen Durchmesser zu. Hier tritt er nach Umkehrung in die Mahlzone ein, in der sich der Messerabstand durch Verschieben des Gehäuses gegen den Kegel verändern läßt. Während der Mahlung treibt der Stoff wieder dem kleinen Durchmesser zu. Eine Verstelleinrichtung in der Auslaßkammer ermöglicht es, die Durchsatzmenge sowie den im Mahlraum herrschenden hydrostatischen Druck zu regeln. Außerdem kann durch diese Einrichtung je nach Bedarf diejenige Menge festgelegt werden, die im Umlauf gehalten werden soll. Sofern der Stoff nur aufgeschlagen werden soll, wird kein Umlauf eingestellt [57]. Diese Bauart gestattet demzufolge sehr vielseitige Mahlvariationen.

Eine andere Konstruktion ist der im Bild 87 gezeigte Steilkegel-Refiner. Diese Konstruktion zeichnet sich besonders durch ihren relativ kurzen und steilen Kegel

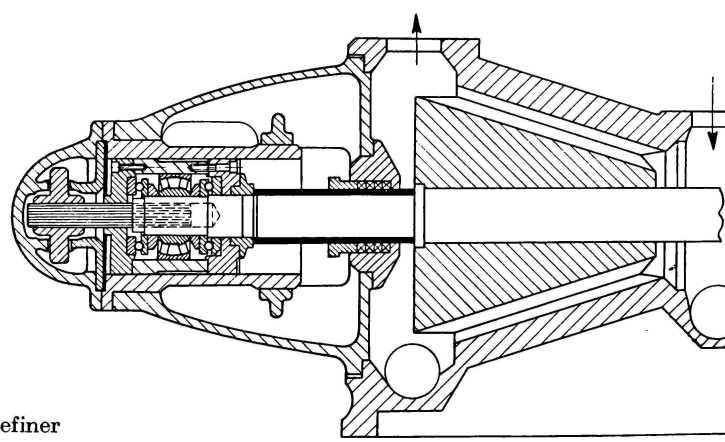


Bild 87. Steilkegel-Refiner

aus, was sich nicht zuletzt auf die Mahlwirkung bzw. den damit erzielbaren Mahleffekt auswirkt. Man findet den Steilkegel-Refiner dort, wo es auf die Erzielung spezifischer Stoffeigenschaften ankommt bzw. auch in Kombination mit dem vorher geschilderten Flachkegel-Refiner.

Eine neuere Konstruktion der Mahlmaschinen ist die „Reisten-Faserstoff-Mühle" (Bild 88a), die sich durch eine hohe Leistungsfähigkeit und gute Mahlwirkung auszeichnet. Bei dieser Mühle handelt es sich, wie aus dem Bild 88b zu erkennen ist, um eine Scheibenmühle besonderer Bauart. Sie besteht aus mehreren Mahlstufen. Die verschiedenen Scheibenpaare sind zu einem zylindrischen Gehäuse zusammengesetzt, wobei jeweils die Statorscheiben aneinandergefügt sind. Die Läuferscheiben sind mit unterschiedlicher Bemesserung versehen. Auf der einen Seite befinden sich schraubenförmige Schaufeln, während auf der anderen Seite je nach Bedarf eine Basaltlava- oder eine Steingarnierung vorgesehen ist. Die Schraubenschaufeln erfassen den Stoff und treiben ihn durch die eine besondere Form aufweisenden Leitöffnungen zwischen die Mahlwerkzeuge. Die Statorscheiben haben ebenfalls Leitöffnungen, durch die der Stoff jeweils dem nachfolgenden Scheibenpaar zugeführt wird. Nach dem Durchgang durch sämtliche Mahlscheibenpaare erfolgt durch ein Auswerfrad die Zuführung zu einer Förderschnecke, die den Stoff im Kreislauf wieder den Mahlorganen zuführt. Dabei ist die Menge, die im Kreislauf verbleiben soll, regulierbar. Die Stoffzuführung

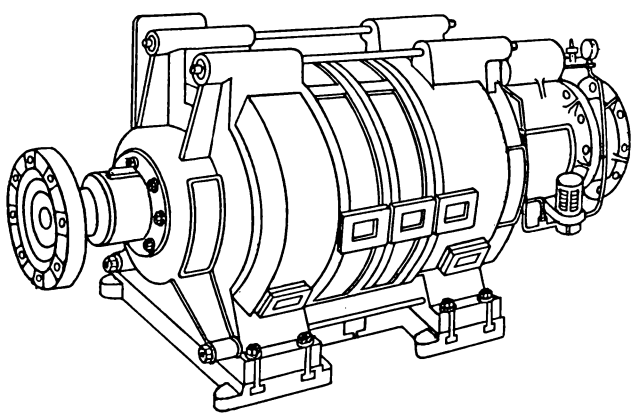
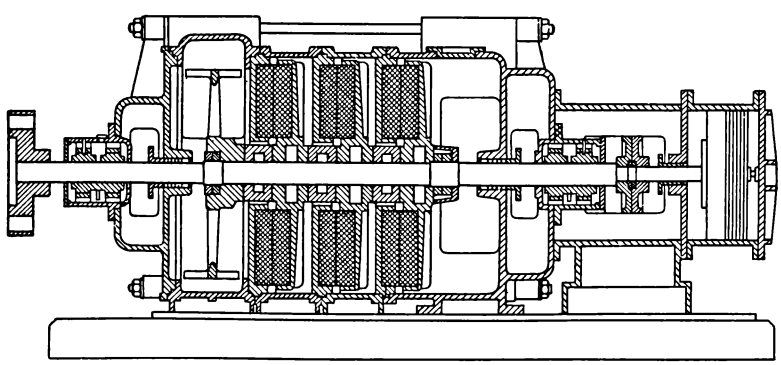


Bild 88
Reisten-Faserstoffmühle

a)



b)

zur Mühle erfolgt kontinuierlich. Am Einlaufstutzen wird eine Vermischung der zulaufenden mit dem Teil der umlaufenden Stoffmenge vorgenommen. Die Be- und Entlastung der Mahlscheiben erfolgt ölhydraulisch. Diese Hydraulik besteht aus einem Zylinder mit Kolben und Längslager, einer Ölpumpe, der eine Kühlvorrichtung zugeordnet ist, einem Schaltapparat mit einem Drehkolben und einem Überströmventil, an dem der spezifische Mahldruck eingestellt werden kann.

8.3. Mechanisierung und Automatisierung der Stoffaufbereitung

Der technologische Prozeß in der Karton- und Pappenindustrie bietet geradezu ideale Voraussetzungen für eine weitgehende und umfangreiche Mechanisierung und Automatisierung. Mit dem Trägermedium Wasser lassen sich alle zur Erzeugung von Karton und Pappen benötigten Roh- und Hilfsstoffe in Form von Suspensionen durch Rohrleitungen und Pumpen gut an jede beliebige Verbrauchsstelle befördern. Es kommt also darauf an, neben den reinen papiertechnologischen Problemen vor allem die Fragen der Stofförderung zu lösen. Dabei darf man grundsätzlich die Fragen der Wirtschaftlichkeit nicht außer acht lassen. Man soll vielmehr von dem Grundsatz ausgehen, daß ein wirtschaftlicher Nutzen erreicht werden muß. Deshalb sind bei den auftretenden Problemen die Fragen der Wirtschaftlichkeit stets in den Vordergrund zu stellen. Es geht darum, solche Lösungen zu finden, die das ökonomische Ergebnis durch Steigerung der Arbeitsproduktivität und Verminderung der Selbstkosten bedeutend verbessern, d. h. also, mit dem geringsten Aufwand an Rohstoffen, Energie und menschlicher Arbeitskraft ein Erzeugnis von hoher Gleichmäßigkeit und Qualität zu schaffen.
Dabei ist die Fähigkeit des Menschen, derart komplizierte Arbeitsgänge zu beherrschen und zu steuern, eng mit in diese Betrachtungen einzubeziehen. Zwischen der Entwicklung des Menschen und der Entwicklung der Technik besteht eine Wechselbeziehung, die hier besonders zu beachten ist. Demzufolge gilt es, den Menschen mit der neuen Technik vertraut zu machen, ihn zu lehren, sie zu beherrschen und zu meistern. Die Beachtung dieser Grundprinzipien ist deshalb so wichtig, weil der Grad der Mechanisierung und Automatisierung einen wesentlichen Einfluß auf die Anlagekosten hat, die sich je nach dem Grad der Ausführung auf 8···30 % der gesamten Ausrüstungskosten belaufen können. Man muß sich aber auch darüber klar sein, daß die Mechanisierung und Automatisierung nicht nur körperlich schwere Arbeit beseitigt und die Qualität des Erzeugnisses verbessert, sondern tatsächlich einen wesentlichen Einfluß auf die Verbilligung des Erzeugnisses hat, wenn sie richtig angewendet wird.

8.3.1. Mechanisierung der Stoffaufbereitung

In der Karton- und Pappenindustrie spielen außer Holzschliff und gegebenenfalls Halbzellstoff, die zweckmäßig im eigenen Betrieb erzeugt werden sollten und somit in Form von Suspensionen vorliegen, vor allen Dingen Altpapier und Zellstoff sowie die Hilfsstoffe eine nicht unbedeutende Rolle. Es kommt darauf an, die von außen zugeführten Roh- und Hilfsstoffe nach dem Eingang auf dem kürzesten Wege aufzulösen und sie in einen pumpfähigen Zustand zu überführen. Dabei sind die Transportwege so anzulegen, daß ein zügiger und schneller Transport des Gutes gewährleistet

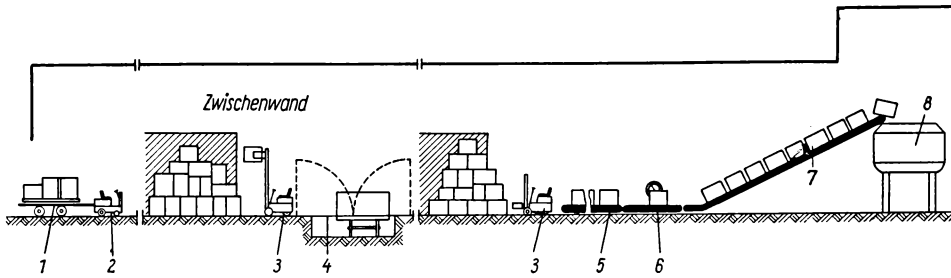


Bild 89. Mechanisierung eines Rohstofflagers

(*1*) Transportwagen, (*2*) Elektroschlepper, (*3*) Schubmaststapler mit Ballenzange, (*4*) Gleisklappbrücke, (*5*) Stapelband, (*6*) Wägeband, (*7*) Schrägförderer, (*8*) Stofflöser

ist. Im Bild 89 wird eine zweckmäßige Lösung für die Entladung, Zwischenlagerung und den Transport des Rohmaterials zu den Auflöseeinrichtungen gezeigt. Diese Anlage sieht die Möglichkeit der Entladung vom Schiff, vom Waggon und vom Lastkraftwagen vor. Aus den eingezeichneten Transportwegen ist deutlich zu erkennen, daß Kreuzungen und Überbelastungen weitgehend ausgeschaltet sind.

Die Entladung aus dem Schiff geschieht durch einen Wippdrehkran. Die ankommenden Halbstoffe werden mittels Stauerpaletten auf Transportwagen gehoben. Dabei kann ein Kran in einem Arbeitsspiel von etwa 4 min 1,5···2 t entladen. Die Wagen mit den Stauerpaletten werden mit Hilfe von Elektrokarren in die Lagerhallen transportiert. Die Hallentore zwischen der Entladerampe und der Lagerhalle sind durch Lichtschranken impulsgesteuert. Dadurch öffnen sich beim Herannahen des Wagenzuges die Tore, und nach dem Passieren des letzten Wagens schließen sie sich selbsttätig wieder. Im Lager werden die Halbstoffe je nach Bedarf entweder den Lagerplätzen oder direkt den Zuführbändern für die Stofflöser zugeführt. Die Entladung der Stauerpaletten erfolgt durch Hubstapler, die mit Spezial-Ballenklammer ausgerüstet sind und im Falle der Lagerung bis zu einer Höhe von 6 m stapeln können. Im Falle der direkten Zuführung zu den Verbrauchsstellen werden die Ballen direkt bei diesen abgesetzt. Zur Überbrückung des durch die Halle führenden Reichsbahngleises sind an beiden Eingangsseiten der Halle Gleisklappbrücken vorgesehen, die im Falle einer Zuführung von Waggons aufgeklappt werden können. Das Entladen von Reichsbahnwagen erfolgt unter Verwendung von Gabelstaplern. In diesem Falle kann die Zuführung zum Lager oder den Verbrauchsstellen entweder mit dem Gabelstapler direkt oder mittels Wagen erfolgen. Die Entscheidung, ob die eine oder andere Form gewählt wird, hängt von der Länge des Weges ab. Zweckmäßig verfährt man so, daß bei langen Wegen mit Wagen transportiert wird und nur bei sehr kurzen Wegen die Zuführung mit Gabelstaplern unmittelbar erfolgt. Da im vorliegenden Falle bewußt kurze Wege vorgesehen wurden, die sich vom Waggon zum Lager und zu den Verbrauchsstellen notwendig machen, kann ausschließlich mit Gabelstaplern gearbeitet werden.

Die Entladung von Lastkraftwagen erfolgt in einem seitlich vorgelagerten Gebäude, das ebenfalls durch Tore verschließbar ist. Die Rampenhöhe ist so gehalten, daß eine direkte Entladung mittels Gabelstaplers möglich ist. Die Zuführung der Halbstoffe zu den Stofflösern erfolgt mit Hilfe von Plattenbändern, die in drei Abschnitte unter-

Bild 90. Automatische Rohstoffzuführung zum Stofflöser

teilt sind. Auf dem ersten Teil werden zunächst die Ballen oder Rollen aufgegeben. Der zweite Teil ist als Wägeband ausgebildet, auf dem die einzutragenden Mengen automatisch gewogen und die ermittelten Mengen registriert werden. Dadurch ist eine genaue Ermittlung des Rohstoffverbrauchs möglich. Vom dritten Teil erfolgt dann die unmittelbare Zuführung des Gutes zum Stofflöser. Alle diese Bandteile sind miteinander synchronisiert, so daß gegenseitige Behinderungen nicht eintreten können. Im Bild 90 ist ein soeben beschriebenes Zuführband zu einem Turbolöser gezeigt, das mit automatisch arbeitendem Wiegeband ausgestattet ist. Nach dem Stofflöser erfolgt der Transport der aufgelösten Halbstoffe über Pumpen und Rohrleitungen zu den einzelnen Verbrauchsstellen.

8.3.2. Automatisierung der Stoffaufbereitung

Durch die Mechanisierung der Stoffaufarbeitung tritt, wie an einem Beispiel geschildert, bereits eine wesentliche Entlastung des Menschen von körperlich schwerer Arbeit und dadurch auch eine Verringerung des Anteiles an menschlicher Arbeitskraft sowie eine Senkung der Selbstkosten ein. Die Automatisierung stellt einen weiteren Schritt dar. Ziel jeder Automatisierung muß es sein, die einzelnen Arbeitsgänge so aufeinander abzustimmen und nacheinander ablaufen zu lassen, daß der Mensch nur noch Überwachungsfunktionen ausüben muß. Damit erfolgt auch gleichzeitig eine Stabilisierung des Herstellungsprozesses und eine Steigerung der Qualität des Erzeugnisses.

Wenn man von Automatisierung spricht, so muß auch klar definiert sein, was darunter zu verstehen ist. Es muß Klarheit darüber bestehen, daß man noch nicht von Automatisierung sprechen kann, wenn bestimmte Produktionsdurchläufe von einer

zentralen Schaltwarte gesteuert und dabei alle Schaltvorgänge von hier ausgeführt werden.

Unter Automatisierung versteht man, daß ein Arbeitsgang nicht nur kontinuierlich nach einem vorher festgelegten Schema abläuft. Er muß sich auch selbst regulieren. Bei einem derartigen Ablauf muß die Produktion durch entsprechende Instrumente laufend gemessen, und bei auftretenden Abweichungen von den eingestellen Konstanten müssen durch entsprechende Impulse Steuervorgänge ausgelöst werden, welche die notwendigen Korrekturen ausführen, ohne daß der Mensch in diese Operationen eingreift. Hierzu einige Beispiele: Durch Einbau einer pH-Regulieranlage einschließlich aller dazugehörigen Ventile und Steuereinrichtungen wird der pH-Wert des Abwassers an der Maschine laufend gemessen und bei Abweichungen von der eingestellten Konstante automatisch die Zugabe von Alaun geregelt. Ähnlich verhält es sich mit der Feuchtigkeitsregulierung und der Regelung der Masse je Flächeneinheit. Treten Abweichungen von den eingestellten Konstanten ein, so werden durch eine Automatik das Dampfventil bzw. der Stoffschieber betätigt und die erforderlichen Veränderungen vorgenommen. Es ließen sich noch weitere Beispiele anführen. Es kam jedoch lediglich darauf an, falsche Auffassungen zu beseitigen und klar zu definieren, was unter dem Begriff Automatisierung zu verstehen ist.

In der Stoffaufbereitung sind weiter alle Möglichkeiten auszuschöpfen, um Unregelmäßigkeiten, die sich auf die Qualität des Fertigproduktes auswirken können, bereits weitgehend auszuschalten. Eine nachträgliche Feststellung der in der Stoffaufbereitung entstandenen Fehler im Fertigprodukt ist zwecklos, weil dann nichts mehr verändert werden kann. Es genügt deshalb nicht, daß gesteuert, geregelt und gemessen wird. Vor allen Dingen sind Voraussetzungen zu schaffen, daß die Vorgänge in der Stoffaufbereitung jederzeit reproduziert werden können. Eine Registrierung der einzelnen Werte ist aber nur dann sinnvoll und wirkt sich auch zweckentsprechend aus, wenn in kürzester Zeit eine Auswertung im Vergleich zum Fertigprodukt erfolgt bzw. die erforderlichen Rückschlüsse gezogen und die notwendigen Änderungen durchgeführt werden. Das darf aber nicht dazu führen, daß durch Registrierung aller Werte eine Komplizierung der Auswertung eintritt. Man sollte stets die Vorgänge reproduzierbar machen, die einen wesentlichen Einfluß auf die Qualität des Fertigproduktes haben. Ein weiterer Grundsatz, der in einer modernen Stoffaufbereitungsanlage nicht außer acht gelassen werden darf, ist die Qualität der Rohstoffe. Es ist von großem Vorteil, wenn auf die Verwendung von Rohstoffen gleicher Qualität geachtet wird. Das bezieht sich sowohl auf die im eigenen Betrieb hergestellten als auch ganz besonders auf die bezogenen Rohstoffe. Je gleichmäßiger die Rohstoffe sind, um so leichter ist es möglich, geringe Unregelmäßigkeiten, Fehler und Schwankungen auszuregulieren und damit zu einem Ganzstoff guter und gleichmäßiger Qualität zu kommen. Um einen vertretbaren und ökonomisch richtigen Aufwand bei der Einrichtung derartiger Anlagen zu betreiben, sollte man folgende Grundsätze beachten, die der Erreichung dieses Zieles dienen [58]:

1. Vorrangig sind solche Arbeitsgänge zu automatisieren, die sich laufend wiederholen und im Ablauf wenig Unterschiede aufweisen. Dazu gehören speziell die Stoffauflösung, Mahlung und Mischung.
2. Um eine gute Übersicht zu haben, sind die Bedienungs- und Überwachungsinstrumente auf einer gemeinsamen Schalttafel zusammenzufassen. Dabei ist es zweckmäßig, die einzelnen Ventil- und Schieberstellungen, auch die handbetätigten,

sowie die Stoffwege und Füllstände durch ein Leuchtschaltbild gut sichtbar zu machen. Eine derartige Zusammenfassung erfordert eine Fernsteuerung von Schiebern, Pumpen, Ventilen und gegebenenfalls der Refiner und Entstipper. Dabei sollte auch beachtet werden, ob es sich um Stellvorgänge handelt, die seltener oder häufiger vorkommen. Bei seltenen Veränderungen ist eine Bedienung von Hand zweckmäßiger, vor allem billiger.

3. Bei der Auflösung von Zellstoffen oder Holzschliff und bei der Stoffmahlung empfiehlt sich, sofern häufiger Sortenwechsel eintritt, die Anwendung einer Programmsteuerung, die den gesamten Turnus steuert und die einzelnen Komponenten zeitlich und mengenmäßig regelt.

Eine Automatisierung verlangt aber auch eine klare Konzeption für den gesamten Ablauf und die Auslegung der Schaltanlagen. Die einzelnen Arbeitsgänge müssen getrennt angeordnet werden. Das hat den Vorteil, daß eine spezielle Behandlung der einzelnen Faserstoffkomponenten entsprechend ihrer Eingangs- und der zu erzielenden Endqualität erfolgen kann. Man sollte deshalb zweckmäßig trennen nach [59]:

1. Auflösung der bezogenen Faserstoffe und Hilfsstoffe in den dazu vorhandenen Anlagen;
2. Zwischenstapelung der aufgelösten bzw. von der eigenen Schleiferei oder Zellstofffabrik bezogenen Halbstoffe in Stapelbütten, in denen auch die Regelung der Stoffdichte durchgeführt wird;
3. Entstippung der in den Stofflösern nicht vollkommen aufgelösten Halbstoffe;
4. Mahlung der einzelnen Komponenten, sofern erforderlich, z. B. Zellstoffe;
5. erneute Stapelung der fertiggemahlenen Halbstoffe;
6. Zuführung der vorbereiteten Hilfsstoffe zu den Vorratsbehältern;
7. Mischen der einzelnen Faserstoffkomponenten untereinander und mit den erforderlichen Hilfsstoffen in den Mischbütten;
8. Zuführung der fertigen Stoffmischung zum konstanten Teil der Kartonmaschine;
9. Zuführung zur Kartonmaschine mit Dichteregelung, Egalisierung, Mengenmessung, Verdünnung, Feinreinigung.

Mit einer derartigen Trennung der einzelnen Arbeitsgänge wird eine exakte Zwischenkontrolle über den erzielten Aufbereitungsstand in den einzelnen Phasen der Aufbereitung ermöglicht, was sich auf die Qualität des Endproduktes auswirkt. Die Messung, Steuerung, Regelung und Dosierung der einzelnen Arbeitsgänge erfordert speziell hierfür geeignete Geräte und Apparaturen, auf die nachstehend näher eingegangen werden soll, weil ihre Kenntnis eine wichtige Voraussetzung für die Automatisierung ist.

8.3.2.1. Niveaumessung, -regelung und -steuerung

In der nachstehenden Tabelle wird ein Überblick über die verschiedenen Systeme zur Messung, Regelung und Steuerung von Büttenständen gegeben [60]:
In der ersten Gruppe sind die Geräte zusammengefaßt, die eine kontinuierliche Messung des Büttenniveaus ermöglichen. Der zweite Komplex umfaßt Einrichtungen zur Regelung von Büttenständen. Diese Geräte entsprechen im Prinzip den Niveau-

Tabelle 26. Niveaumessung, -regelung und -steuerung

	mechanisch	pneumatisch	elektrisch	elektronisch	radiometrisch
kontinuierliche Standanzeige	Schwimmer mit direkter Anzeige	Perlrohr mit pneumatischer Anzeige	Kontaktrohr-Ferngeber		
		Perlrohr mit elektrischer Anzeige		kapazitive Niveaumessung	Niveaumessung mit radioaktiven Strahlen und Ionisationskammern
	Schwimmer mit elektrischem Fernsender	pneumatischer Drucktransmitter mit pneumatischer Anzeige pneumatischer Drucktransmitter mit elektrischer Anzeige	elektrischer Drucktransmitter		
Niveau-Regelung		Perlrohrregler	elektrischer Drucktransmitter-Regler	kapazitiver Meßbrückenregler	Niveauregler mit radioaktiven Isotopen und Ionisationskammern
	Schwimmerregelung mit Regelklappe	Drucktransmitter-Regler	Meßrelaisregler	elektro-optischer Grenzwertregler	
		pneumatisch-elektrischer Regler	Fallbügelregler		
			Blendenbandregler	elektronischer Drucktransmitter	
			Schwimmerschalter	Feinrelais mit Kontaktsonde	
				Kontaktfühler mit Thermitor	
Grenzwertsteuerung	Schwimmerventil	pneumatischer Druckschalter	Membranschalter	kapazitiver Füllstand-Grenzschalter	
				Transistor-Niveau-Steuerung (Logistat Simatik)	

Anzeige-Geräten, sind nur zusätzlich mit einem Regler ausgerüstet, mit dessen Hilfe Ventile, Schieber oder auch Pumpen gesteuert werden können. Zur dritten Gruppe gehören die Geräte zur Steuerung des Niveaus. Es handelt sich dabei um solche Geräte, die den ersten beiden Gruppen zugeordnet werden müssen, um Steuervorgänge auszulösen.

Nachstehend wird auf die Prinzipien einiger Systeme eingegangen. Eine häufig angewendete Methode ist die Büttenstandsmessung nach der Perlrohrmethode, die im Bild 91 dargestellt ist. Diese Messung beruht auf der hydrostatischen Methode. Dabei wird der Druck der Flüssigkeitssäule in einen Luftdruck gleicher Höhe umgewandelt. Um die Höhe der Flüssigkeitssäule in einer Bütte messen zu können, muß der statische Druck, der mit der Höhe der Stoffsäule H zunimmt, bestimmt werden. Zu diesem Zweck taucht das Perlrohr in die Bütte ein. Aus der Druckluftleitung wird über ein Druckminderventil und einen Differenzdruckregler dem Perlrohr ein Luftstrom zugeführt. Der hinter dem Differenzdruckregler entstehende Druck entspricht dem hydrostatischen Druck der Flüssigkeitssäule in der Bütte. Dabei bleibt die Luftmenge unabhängig von der Höhe des Büttenstandes stets gleich. Um einen Austritt aus dem Perlrohr zu ermöglichen, muß der Luftdruck selbstverständlich höher sein als der hydrostatische Druck in der Bütte. Zur Durchführung von Steuervorgängen ist der zusätzliche Einbau von entsprechenden Schaltorganen, wie sie in der Gruppe 3 der Tabelle 26 aufgezeigt sind, erforderlich. Um Verstopfungen des Perlrohres zu vermeiden, ist eine Spülwasserleitung vorgesehen, über die durch Umstellung des Dreiwegeventils eine Spülung des Perlrohres möglich ist. Eine andere Methode der Büttenstandsmessung ist die Anwendung von Drucktransmittern. Die Transmitter (Bild 92) werden direkt in die Büttenwandung eingebaut, wobei die Membrane (5) zur Vermeidung von Stoffansätzen und zur leichten Reinigung mit der inneren Büttenwand bündig ist. Durch den Luftanschluß (1) und die Festdrossel (2) wird dem Transmitter eine konstante Luftmenge zugeführt. Durch den in der Bütte herrschenden und von der Flüssigkeitssäule abhängigen Druck wird die in der Mitte des Gehäuses angebrachte Auslaßdrossel (3) mehr oder weniger geschlossen. Dadurch ist auch die ausströmende Luftmenge durch den Abstand zwischen Membran und Auslaßdüse bestimmt. Im Inneren des Membrangehäuses stellt sich ein Druck ein, der dem Abstand

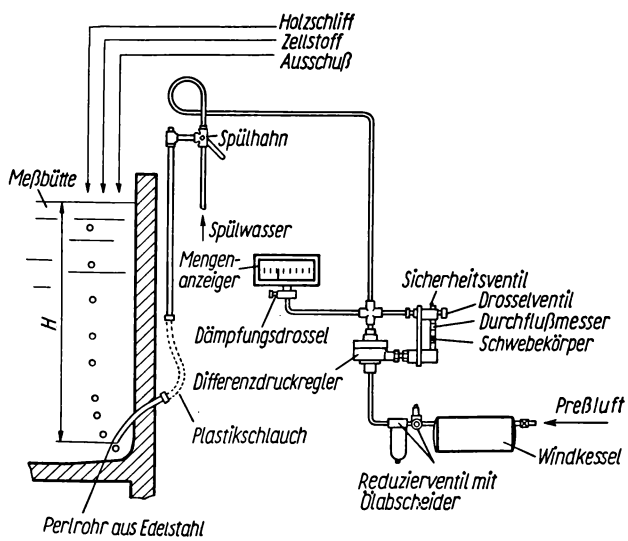


Bild 91. Schema einer Perlrohrmeßanlage

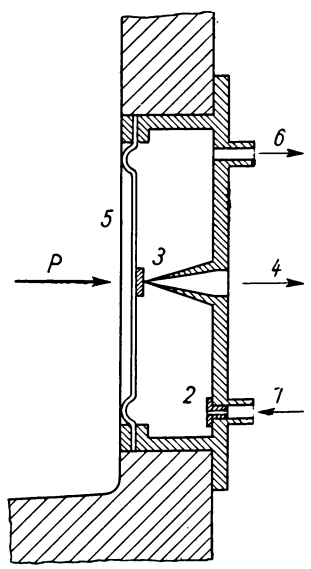


Bild 92. Drucktransmitter

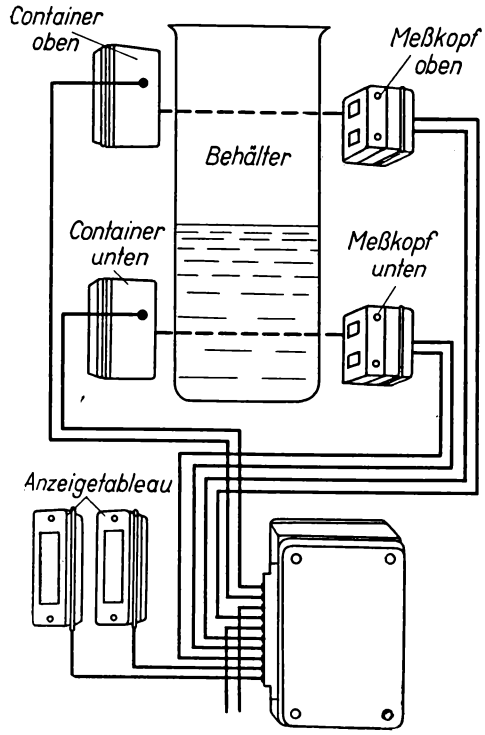


Bild 93. Füllstandskontrolle mit Isotopen

zwischen der Drossel (3) und der Auslaßöffnung (4) und damit dem auf die Membran wirkenden Druck P proportional ist. Am Stutzen (6) ist der Anschluß eines Anzeigegerätes vorgesehen, auf das der im Transmittergehäuse herrschende Druck wirkt, wodurch eine Büttenstandsanzeige erfolgt. Auch bei diesen Geräten ist eine Zuschaltung von Steuerimpulsgebern möglich.
Im Bild 93 ist das Schema einer Füllstands-Meßmethode unter Verwendung radioaktiver Isotope dargestellt. Dieses Gerät, das von dem VEB Vakutronik, Dresden, hergestellt wird, arbeitet folgendermaßen: Auf der einen Seite eines Behälters befindet sich die Strahlungsquelle (Container). Auf der gegenüberliegenden Seite wird durch die angeordneten Meßköpfe die Strahlungsintensität empfangen und gemessen. Wenn die Flüssigkeit im Behälter die Strahlenschranke passiert, wird die Strahlung schwächer oder stärker. Durch eine Regeleinrichtung, die mit dem Meßkopf verbunden ist, wird die Zufuhr zum Behälter verringert oder verstärkt.

8.3.2.2. Mengenmeß- und -regelanlagen

Für das Messen und Regeln von Stoffmengen gibt es eine ganze Reihe von Systemen, die sich in vier große Gruppen einteilen lassen [60].
Bei der Auswahl der einzelnen Systeme ist zu beachten, daß sie sich nicht für alle Medien eignen. So eignen sich z. B. die in der ersten Gruppe angegebenen Differenzdruckmesser, die nach dem Meßblenden- bzw. Venturiprinzip arbeiten, nicht für die

Tabelle 27. Mengen- und Durchflußmessung bzw. -regelung

Differenzdruckmesser	Volumenzähler	Schwimmer-Durchflußmesser	Induktive Durchflußmesser
Plattenfeder-, Rohrfedermanometer	Ringkolbenzähler	Glaskonus-Durchflußmesser	induktive Durchflußmesser mit elektrischer Anzeige, Ferngeber mit pneumatischen, elektrischen und elektronischen Transmittern und Integratoren
Ringrohr-Druckanzeiger	Woltmannzähler	Schwebekörper-Durchflußmesser	
Tauchglocken-Meßgerät	Ovalradzähler	Schwimmer-Durchflußmesser mit pneumatischer, elektrischer und elektronischer Fernübertragung	
pneumatische, elektrische und elektronische Drucktransmitter	Zellenradzähhler		
	Impulszähler mit elektrischer und elektronischer Fernübertragung		

Messung von Suspensionen, sondern nur für reine Flüssigkeiten. Das gleiche gilt für die in der Gruppe 2 aufgeführten Geräte. Ausgenommen hiervon ist nur der Zellenradzähler, wie er z. B. in Stoffzentralen angewendet wird. Wenig geeignet für die Messung von Faserstoffsuspensionen ist die Gruppe der Schwimmer-Durchflußmesser. Demgegenüber haben sich die in der Gruppe 4 genannten induktiven Durchflußmesser für Faserstoffsuspensionen sehr gut bewährt.

Auch hier sollen nur einige typische und am meisten verwendete Systeme näher behandelt werden. Die Anwendung einer modernen Auflöse- und Mischanlage erfordert die genaue, dem Bedarf für eine bestimmte Sorte entsprechende Zumessung aller Komponenten. Dazu gehört auch die Messung der Wassermenge. Man bedient sich heute zum Messen einer bestimmten Wassermenge nur noch in seltenen Fällen der Dosierbehälter. Die zweckmäßigste Methode ist die Verwendung eines Impulswasserzählers. Das Prinzip dieses Gerätes besteht darin, die durchfließende Wassermenge mittels eines Impulskontaktes auf einen Mengenmesser zu übertragen. Die abgegebenen Impulse steuern ein Zählwerk, auf dem die erforderliche Wassermenge vorgewählt werden kann. Ist die eingestellte Wassermenge durchgeflossen, so wird über einen Steuerimpuls das Wasserventil geschlossen. Eine andere Form der Mengenmessung aller in einen Stofflöser eingetragenen Mengen einschließlich des Wassers ist die Anwendung von Kraftmeßdosen. Wie aus Bild 94 ersichtlich ist, ruht der gesamte Stofflöser auf Druckmeßdosen (1), die so konstruiert sind, daß die Last, die auf sie wirkt, eine proportionale Veränderung der Permeabilität eines Eisenkerns, des Widerstandes eines Dehnungsstreifens oder die Richtungsänderung eines magnetischen Feldes bewirkt. Diese Veränderungen werden auf einem Anzeigegerät (3) sichtbar gemacht, das in mp geeicht ist. Die Masse des Stofflösers kann durch eine Justiervorrichtung eliminiert werden, so daß die Anzeigevorrichtung nur die tatsächliche

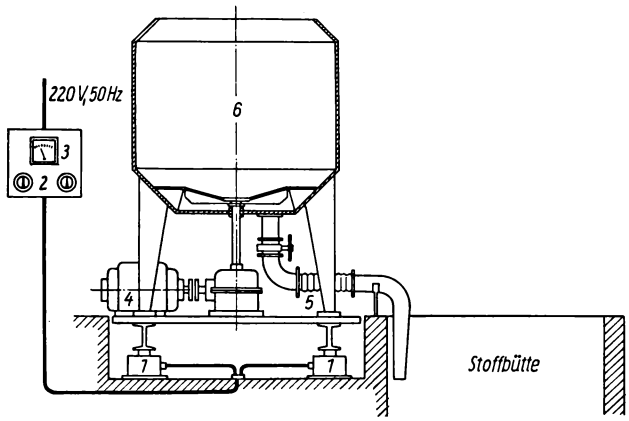


Bild 94
Anwendung von Kraftmeßdosen zur Mengenmessung
(1) Druckmeßdosen,
(2) Sollwerteinsteller,
(3) Anzeigeinstrument,
(4) Stofflöser-Antriebsmotor,
(5) Schlauchzwischenstück,
(6) Stofflöser

Eintragsmenge anzeigt. Die Eintragsmengen der einzelnen Komponenten lassen sich an einer Vorwahleinrichtung (2) einstellen. Mittels einer Programmsteuerung läuft sodann der Auflöseprozeß ab. Zuerst erfolgt die Zugabe von Wasser entsprechend der vorgewählten Menge. Mit dem automatischen Schließen des Wasserventils wird das Eintragsband des Stofflösers eingeschaltet und nach Eintrag der vorgewählten Stoffmenge wieder stillgesetzt. Dabei erfolgt sofort ein Impuls auf das Relais für Auflösezeit, die ebenfalls bereits eingestellt wurde.
Nicht unerwähnt soll auch die noch weit verbreitete und bewährte Methode der Mengenregelung mittels Zellenradzuteilers bleiben. Die Mengenregelung jeder einzelnen Stoffkomponente geschieht hier durch ein Zellenrad, dessen Drehzahl durch ein Kegelgetriebe in weiten Grenzen variiert werden kann. Bei einer Stoffmischung über Zellenradzuteiler werden mehrere Zellenräder verschiedener Größe zu einer Stoffzentrale zusammengefaßt (Bild 95). Die Regelgetriebe der einzelnen Zellenräder treibt eine gemeinsame Leitwelle an, der ein stufenlos regelbares Getriebe mit einem Flanschmotor konstanter Drehzahl vorgeschaltet ist. An den Einzelgetrieben kann sowohl von Hand als auch durch Fernsteuerung jede beliebige prozentuale Stoffzusammensetzung und am Hauptgetriebe die Gesamtstoffmenge eingestellt werden. Die Zuteilung von Leim, Alaun, Kaolin und Farbe erfolgt in diesem Falle durch Dosierpumpen. Diese Zellenrad-Mengenregelanlagen werden dort eingesetzt, wo ein Wechsel in der Anzahl der Stoffkomponenten nicht eintritt und mit möglichst gleichmäßigem Programm gearbeitet wird.
Eine weitere Form der Stoffmengenzuteilung ist die Verwendung von Meßblenden, wobei man die verschiedensten Formen dieser Blenden findet. Bild 96 zeigt die Wirkungsweise einer solchen Blende, die mit einem rechteckigen Flansch an den Stoffkasten angeschraubt werden kann. Durch die Blendenöffnung fließt der Stoff in den Zylinder und gelangt von dort in die Mischrinne. Der jeweilige Stoffanteil wird durch Verstellung des Dosierzylinders eingestellt. Durch Zusammenfassung mehrerer Zylinder kann eine Stoffzentrale für eine beliebige Anzahl von Komponenten ausgelegt werden. In diesem Falle sorgt eine weitere Einstellvorrichtung für die proportionale Regulierung aller Stoffkomponenten.
Ein Gerät, das auf der induktiven Durchflußmessung basiert, hat sich in den letzten Jahren sehr stark eingeführt [61]. Die Arbeitsweise dieses Durchflußmessers beruht

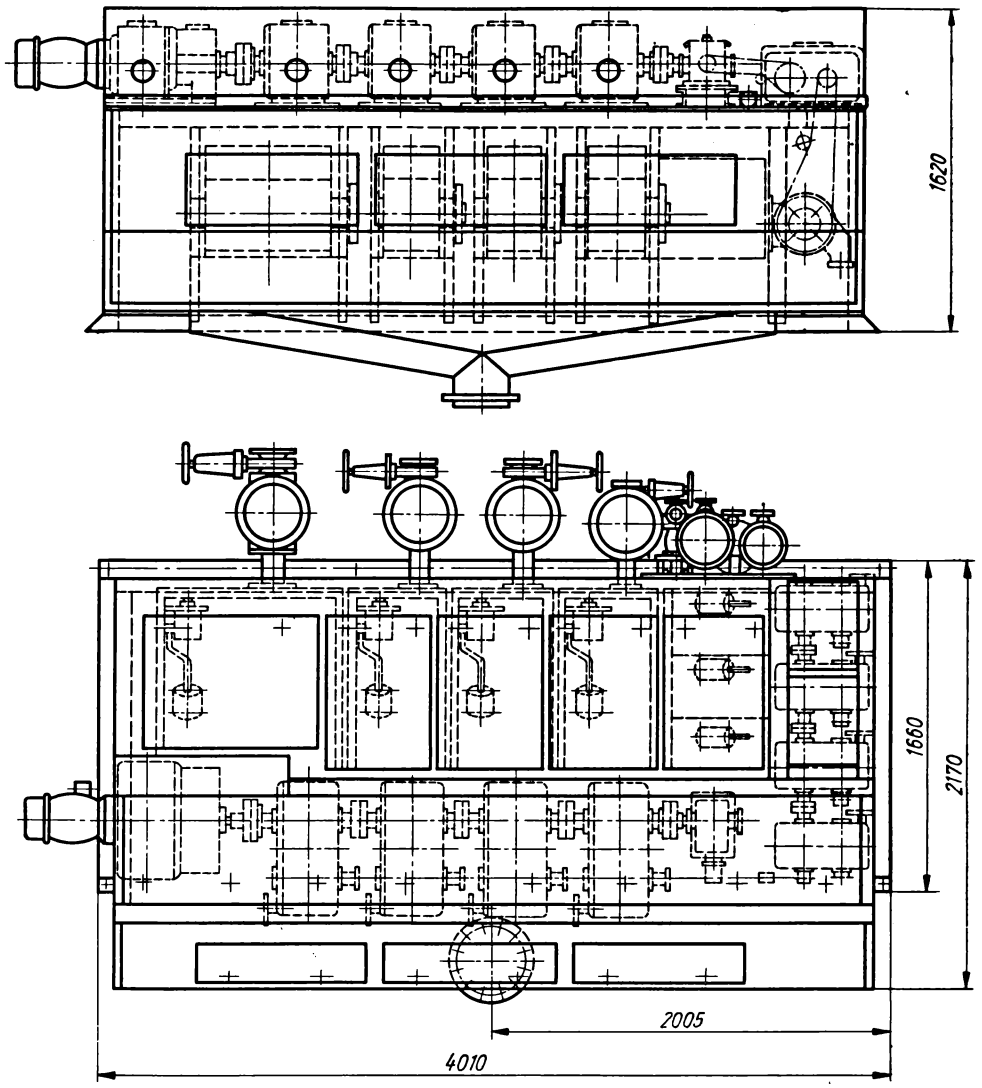


Bild 95. Stoffzentrale

auf dem Faradayschen Gesetz der elektromagnetischen Induktion, wonach die Spannung E, die in einem Leiter d, der durch ein magnetisches Feld h bewegt wird, induziert, proportional der Geschwindigkeit v des Leiters ist. Daraus ergibt sich die mathematische Formel $E = c \cdot h \cdot d \cdot v$, wobei c als Konstante gilt. Bild 97 erläutert das Prinzip dieser Durchflußmessung. Da das magnetische Feld h und die Länge des Leiters d konstant sind, besteht also eine direkte Proportion zwischen der induzierten Spannung E und der Geschwindigkeit des Leiters v. Im Bild 98 wird der Schnitt durch

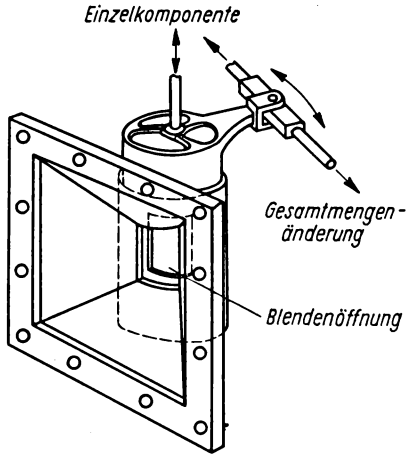


Bild 96. Zylinderverstellblende

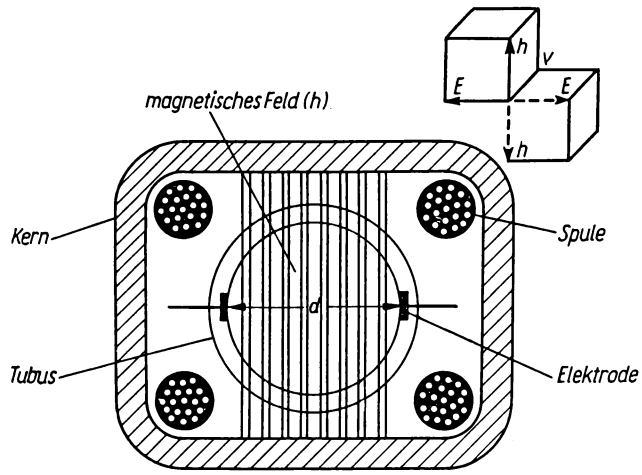


Bild 97. Prinzip der induktiven Durchflußmessung

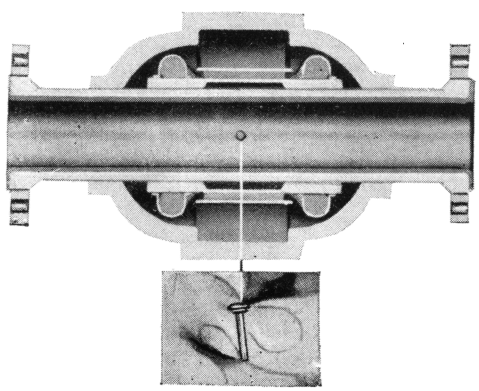


Bild 98. Schnitt durch einen magnetischen Durchflußmesser

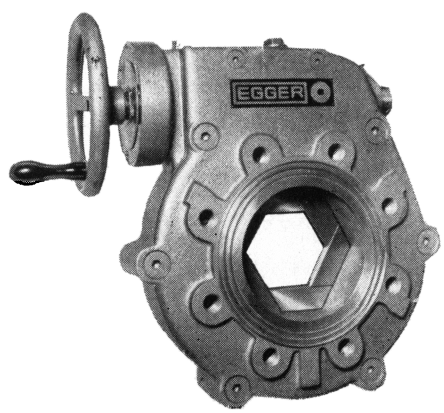


Bild 99. Blenden-Regulierschieber

Tabelle 28

Arbeitsprinzip	Durchsatz je Komponente minimal l/min	t/d 3 %ig	maximal l/min	t/d	Stoffdichte min %	max %	Postengröße klein	groß	Tagesproduktion [Richtwerte] von t/d	*) bis t/d	Regelbereich Einzelkomponent.	Gesamtmenge	Spez. Anschaffungspreis DM**)
a) Zellenrad	**25**	**1,1**	bel.	bel.	2	**6**	+	+	10	bel.	1:6 (1:10)	1:4,5	100
b) Meßblende	100	**4,3**	**bel.**	**bel.**	bel.	4	—	+	50–60	bel. + +	1:6	1:4	50—60
c) Induktion	100	**4,3**	**bel.**	**bel.**	bel.	5	—	+	35	bel. + +	1:4	1:2	100
d) Einmeßbütte	**bel.**	**bel.**			bel.	4	+ +	+	bel. + +	150	bel.	bel.	20

Arbeitsprinzip:	Stoffart kurz schmierig	lang rösch	spinnend	Wartung durch	Aufwand mechanisch	regeltechnisch	Dosierung der Zuschläge durch	Ankoppelung
a) Zellenrad	+	+	+	Betriebsmechaniker	gr	kl	Pumpen	Direkt-Leitwelle
b) Meßblende	+	+	— —	Betriebsmechaniker	kl	kl	Meßblend. od. Pump.	pneumatisch
c) Induktion	+	+	— —	geschult. Elektro-Fachmann	kl	gr	Pump. od. Induktion	pneumat. od. induktiv
d) Einmeßbütte	+	+	+	Betriebselektriker	kl	kl	Behälter	elektrisch od. pneumat.

Abkürzungen: + + vorzüglich geeignet
+ geeignet
— ungeeignet
bel. beliebig
gr. groß
kl. klein
hervorstechende Merkmale halbfett gedruckt
*) Produktion einer Drei-Komponenten-Zentrale
**) Anschaffungspreis, bezogen auf 100, reine Apparate- und Maschinenkosten ohne Fundament- und Büttenkosten. Für eine Drei-Komponenten-Stoffzentrale 50 t/d Durchsatz

einen magnetischen Durchflußmesser gezeigt. Das innen zur Vermeidung von Kurzschlüssen isolierte Rohr besteht aus rostfreiem Stahl. Die zur Erzeugung eines gleichmäßigen Magnetfeldes erforderlichen Spulen sind aus kunststoffisoliertem Kupferdraht gefertigt. Dagegen ist der Kern aus lamelliertem Eisen hergestellt und innerhalb der Spulen angebracht. Der Kern hat die Aufgabe, das magnetische Feld senkrecht zum fließenden Medium zu zentrieren. Die Abführung der vom Fluß durch das magnetische Feld induzierten Spannung geschieht durch zwei Elektroden (siehe Bild), die aus dem Rohrinneren herausgeführt werden. Untersuchungen ergaben, daß die Meßwerte vom pH-Wert, von der suspendierten Faserart, der Kaolinmenge und anderen in der Suspension enthaltenen anorganischen Substanzen, auch von der Temperatur nicht beeinflußt werden. Wird die Konsistenz der Suspension konstant gehalten, was in einer modernen Aufbereitungsanlage unbedingt Vorbedingung ist, so ist der Fluß durch das Gerät proportional der Trockensubstanz, die in der Suspension enthalten ist. Man benutzt deshalb die erzeugte Spannung zur Stoffmengenregulierung, indem man einen Impuls auf ein pneumatisch gesteuertes Instrument leitet. Von diesem Instrument, an dem der Sollwert der Durchflußmenge eingestellt ist, wird die Stärke des erhaltenen Impulses mit dem Sollwert verglichen. Bei Abweichungen wird ein pneumatisch gesteuertes Ventil angesprochen, das entsprechend dem Sollwert nachgestellt wird.
Eine neuere Entwicklung auf dem Gebiet der Mengenzuteilung ist der Blenden-Regulierschieber (Bild 99). Dieser wird vor allen Dingen zum Einbau vor Entstippern und Mahlgeräten verwendet, um eine bestimmte Suspensionsmenge zuzuführen.
Nachstehende Tabelle gibt einen ausgezeichneten Überblick über die Eignung der verschiedenen Arten von Stoffzentralen in Abhängigkeit von der Höhe der Produktion und anderen Faktoren.

8.3.2.3. Druckregelung

Die durch einen Durchfluß- oder Mengenregler strömende Menge wird nicht nur allein vom freien Querschnitt bestimmt, sondern sie ist auch von dem Vor- und Gegendruck abhängig, der in der Leitung herrscht. Das ist ein wesentliches Moment bei Rohrschleuderanlagen, bei denen es zur Erzielung eines gleichmäßigen und hohen Reinigungseffektes auf optimale Bedingungen ankommt. Bild 100 zeigt die Schemata je einer Vor- und Auslaufdruckregelung in einer Stoffleitung. Der Zulaufdruck wird an

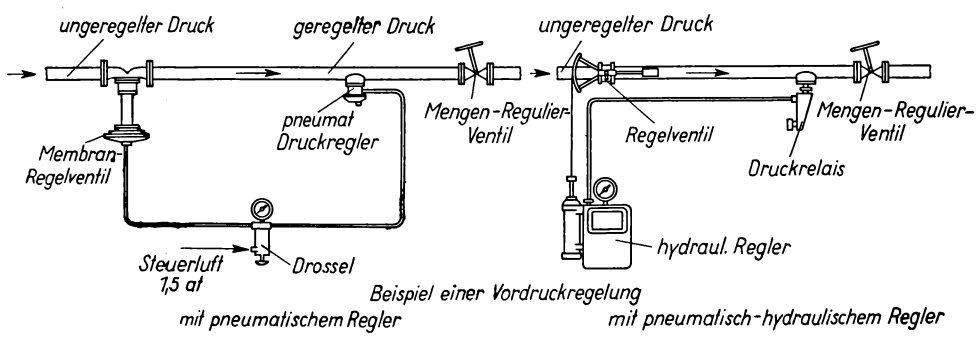


Bild 100. Druckregelanlage

einem Regulierschieber konstant gehalten. Damit wird gleichzeitig die Durchsatzmenge unabhängig von den Schwankungen des Zulaufdruckes geregelt. Die gleiche Möglichkeit ergibt sich zur Regelung des Auslaufdruckes, wie aus dem rechten Teil des Bildes zu ersehen ist.

8.3.2.4. Stoffdichteregelung

Die Regelung der Stoffdichte ist in modernen Stoffaufbereitungsanlagen unerläßlich. Es wäre unmöglich, eine Stoffmischung im benötigten Verhältnis zusammenzustellen, wenn nicht alle Komponenten vorher dichtegeregelt sind. Das ergibt sich auch eindeutig aus dem bisher Gesagten über die Mengenmessung und -regelung. Zu diesem Zweck setzt man heute sowohl vor der Mischung des Ganzstoffes in jeder Komponente als auch in fertigen Stoffgemischen der Kartonmaschine Dichteregler ein, um eine gute Voraussetzung für eine einwandfreie Mengenzugabe für das Verdünnungswasser zu erhalten. Damit wird auch gleichzeitig eine gleichmäßige Stoffmengenzuführung zur Maschine selbst gewährleistet. Voraussetzung für die einwandfreie Arbeit eines Stoffdichtereglers ist eine einwandfreie Durchmischung der zu regelnden Stoffe mit dem zuzugebenden Verdünnungswasser vor dem Regler. Jede Stoffdichte kann nur nach unten geregelt werden, d. h. von einer höheren Konsistenz auf eine niedrigere. Um ein gutes Arbeiten in engen Fehlergrenzen zu erreichen, soll der zu regelnde Stoff eine Stoffdichte haben, die etwa 0,5 % über dem Sollwert liegt. In der nachfolgenden Tabelle sind die am häufigsten eingesetzten Reglertypen zusammengestellt [60].

Tabelle 29. Konsistenzregelung

Schwimmerregler	Perlrohrregler	Fühlkörperregler
mechanisch: Säll-, Trimbey	pneumatisch: Brammer	pneumatisch: Krofta, De Zurik, Debro
mechanisch-pneumatisch: Voith		pneumatisch-hydraulisch: Källe
		mechanisch-elektrisch: Ragnar Carlstedt
		elektrisch: Voith

Weiterhin wurde in der Deutschen Demokratischen Republik durch den VEB Geräte- und Reglerwerk Teltow ein Konsistenzregler entwickelt, der nach dem Venturiprinzip arbeitet. Man unterscheidet also, wie aus der Tabelle ersichtlich ist, drei Hauptgruppen. Die zu den Schwimmerreglern zählenden Säll- und Trimbey-Regler findet man heute nur noch selten. Am häufigsten werden die Fühlkörperregler eingesetzt, weil sie feinfühliger arbeiten. Sie regeln nach dem Prinzip des Eintauchens eines rotierenden Fühlkörpers in eine Stoffsuspension. Dabei wird der Reibungswiderstand des Fühlkörpers in der Stoffsuspension gemessen. Wie aus der Tabelle weiter zu ersehen ist, arbeiten diese Regler entweder pneumatisch oder pneumatisch-elektrisch, mechanisch-elektrisch und auch nur elektrisch.
Im Bild 101 ist das Einbauschema eines Voith-Stoffdichterreglers Typ EM 2, der im Teilstrom arbeitet, dargestellt. Es ist ein Fühlkörperregler, der vollautomatisch und

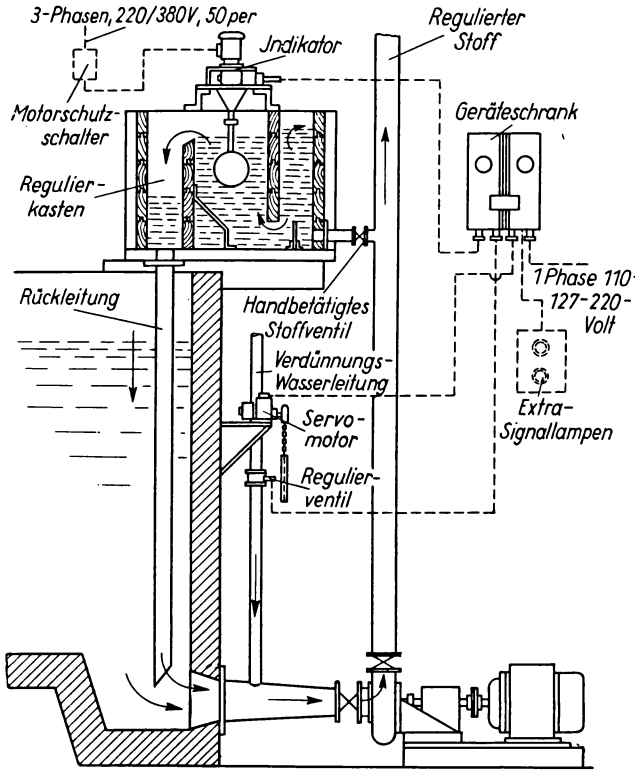
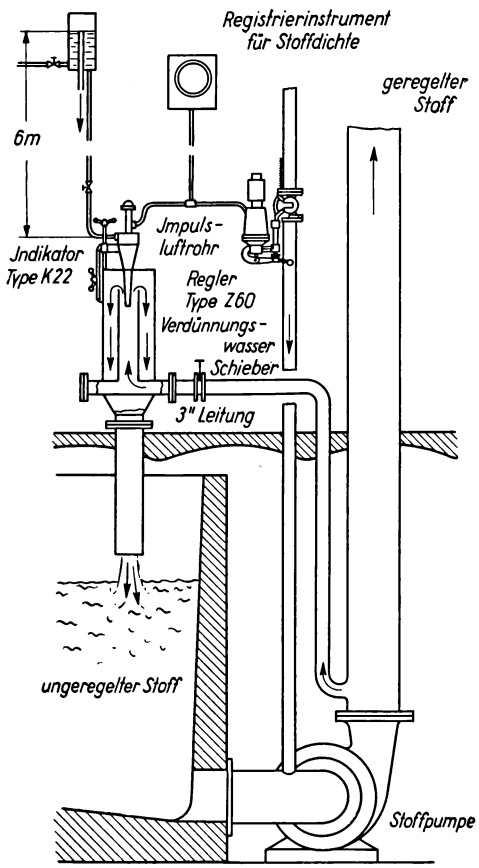


Bild 101. Einbauschema für Stoffdichteregler

kontaktlos arbeitet und elektronisch gesteuert wird. Der Indikator ist in einen Kasten eingebaut, der von einem Teilstrom des zu regelnden Stoffes durchströmt wird. Es ist selbstverständlich auch möglich, den Regler im Vollstrom arbeiten zu lassen. Der Indikator wird durch einen Drehstrommotor von 0,18 kW mit konstanter Drehzahl angetrieben. Das in Abhängigkeit von der Stoffdichte auftretende Bremsmoment wird durch eine federbelastete Drehmomentenwaage auf den elektrischen Induktionsgeber übertragen. Dieser gibt die eintretende Spannungsänderung an den elektronischen Verstärker weiter, der wiederum einen Servomotor steuert, mit dem das Regulierventil für das Verdünnungswasser gesteuert wird. Der Regler ist nach Angaben von Voith für Stoffdichtebereiche von 0,8···8 % einsetzbar. Die Impulsverzögerung, d. h. die Zeit, die ein Stoffteilchen von der Wasserzugabe bis zum Impulsorgan benötigt, wird mit max. 8 s angegeben. Unter günstigen Bedingungen soll die Stoffdichteabweichung 0,05 % vom Sollwert betragen.

Ein anderer Typ ist der Regler K 22 – Z 60 (Bild 102), der pneumatisch-hydraulisch arbeitet. Der konische Rotationskörper wird durch eine kleine Wasserturbine mit konstantem Zulaufdruck angetrieben. Die Drehzahl ist von dem jeweils auftretenden Bremsmoment abhängig. Die eintretenden Drehzahlabweichungen werden durch Perlrohrsteuerung in einen Druckimpuls umgewandelt und direkt auf den Regler übertragen. Eine Zahnradölpumpe, die gleichzeitig Druckluft erzeugt, wandelt den



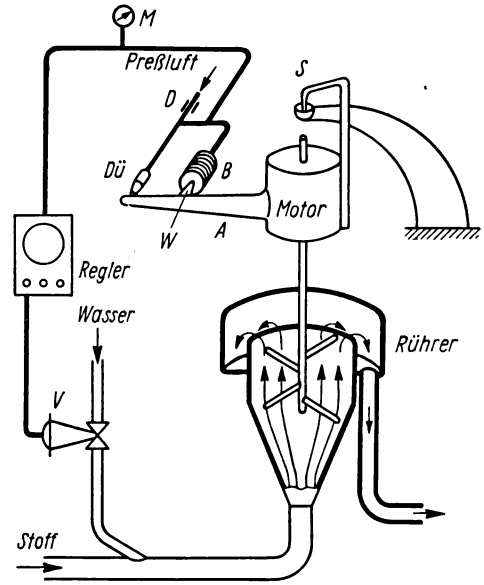


Bild 103. Debro-Regler

Bild 102. Einbauschema für Stoffdichteregler, hydraulisch-pneumatisch

Steuerimpuls in eine hydraulische Stellkraft um, über die das Verdünnungswasserventil betätigt wird.

Ein weiterer, sehr oft angewendeter Stoffdichteregler ist der Debro-Regler (Bild 103), der regeltechnisch außerordentlich gut durchgearbeitet ist. Der Fühlkörper besteht aus einer Sprossenwelle. Die größte Regelgenauigkeit liegt zwischen einer Stoffdichte von 3···4 %, sie nimmt darüber und darunter in entsprechendem Maße ab. Es ist aber unbedingt darauf zu achten, daß bei der Verwendung des Reglers zur Regelung von Altpapierstoff-Suspensionen gewährleistet ist, daß keine spinnenden Bestandteile im Stoff enthalten sind, weil sie an den Sprossen hängenbleiben und so die Regelgenauigkeit beeinträchtigen.

Eine interessante Neuentwicklung auf dem Gebiet der Stoffdichteregelung ist die Verwendung von Ultraschallwellen. Ein nach diesem Prinzip arbeitendes Gerät wurde von dem Allunions-Forschungs-Institut der Zellstoff- und Papierindustrie der Sowjetunion entwickelt. Das Arbeitsprinzip beruht auf der Abhängigkeit der Adsorption der Ultraschallwellen von der Stoffdichte. Das Gerät besteht aus einem Anschlußblock, einem elektronischen Umformersystem, einem Ultraschallgeber, einem elektro-

nisch-automatischen Potentiometer Typ EPD mit Pulumo-Regelvorsatz Typ 04 und einem Membran-Vollzugsmechanismus Typ MJM.

Als technische Daten werden im Prospekt folgende angegeben:

1. Meß- und Regelbereiche: 0,001···0,2 %, 0,2···0,5 %, 0,5···1 %;
2. Meßfehler ± 2,5 % der gemessenen Größe (wenn keine Luftbläschen im Stoff sind):
3. der zusätzliche Fehler bei Temperaturschwankungen um ± 10 % soll 1 % nicht überschreiten.

8.3.2.5. Dichteregelung von Kaolinsuspensionen

Neben der einwandfreien Dichteregelung der Faserstoffsuspensionen ist es gleich wichtig, auch die der Füllstoffsuspensionen zu regeln, damit eine absolut gleichmäßige Zusammensetzung des Maschinenstoffes aus Faser- und Füllstoffen gewährleistet ist und damit Voraussetzungen für ein gleichbleibendes Finalprodukt geschaffen werden. Bild 104 zeigt die Regelanordnung für die Dichte einer Kaolinsuspension. Als Meßgröße wird hier die Wichte der Kaolinaufschwemmung verwendet, die dem Druck einer Flüssigkeitssäule von bestimmter Höhe entspricht. Zur Messung durchströmt die Kaolinsuspension im freien Überfall, durch den die Höhe der Flüssigkeitssäule begrenzt wird, ständig ein U-Rohr. Im unteren Teil des Rohres befindet sich ein Druckwandler, der den Flüssigkeitsdruck in einen Luftdruck umwandelt, der damit ein Maß für die Wichte und damit die Konzentration ist. Der Luftdruck geht auf einen Regler, auf dem ein Vergleich mit dem Sollwert erfolgt. Bei Abweichungen erfolgt die Betätigung des Verdünnungswasserventils.

8.3.2.6. Schieber und Ventile

Für eine Anlage mit einer weitgehenden Automatisierung bedarf es neben den bisher geschilderten Aggregaten zur Messung, Regelung und Steuerung noch besonders hierzu geeigneter Armaturen, die sowohl von Hand als auch fernverstellt werden können. Bei mit Fernverstellung arbeitenden Armaturen ist gleichzeitig eine Rück-

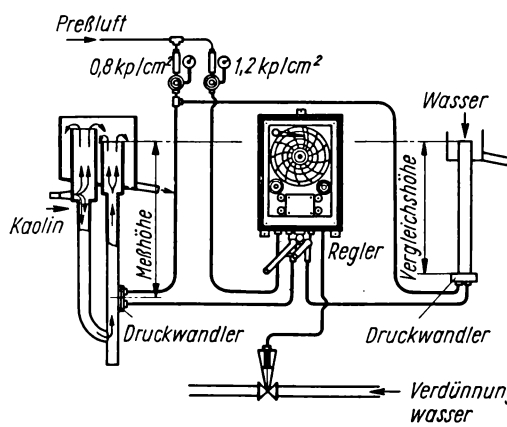
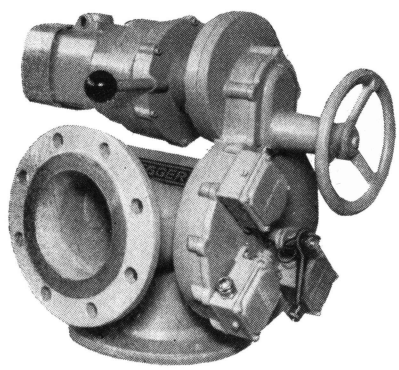
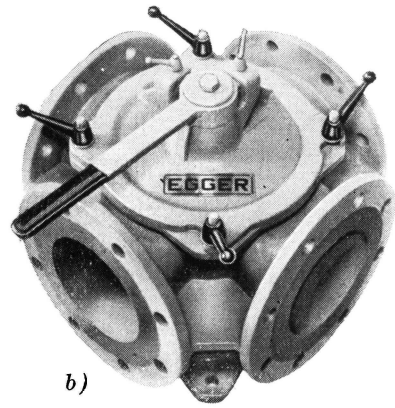


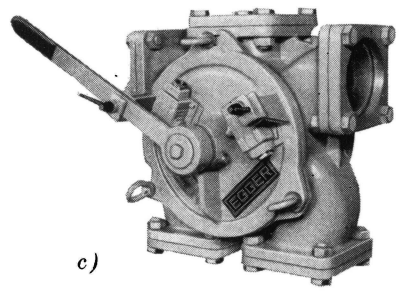
Bild 104. Konsistenz-Regelanlage für Kaolin



a)



b)



c)

Bild 105. Ventile und Schieber
a) Drehschieber, *b*) Mehrwegventil, *c*) Büttenwechsel

meldemöglichkeit und eine Stellanzeige vorzusehen. Zu diesen Armaturen gehören vor allen Dingen die im Bild 105 dargestellten Drehschieber, Mehrwegventile, Büttenwechselventile und auch die Blendenregulierschieber (s. Bild 99).

8.3.2.7. Mahlgradkontrolle und -regelung

Die Möglichkeit, die einzelnen Faserstoffkomponenten in einer modernen Stoffaufbereitungsanlage entsprechend ihrer Eigenart individuell zu behandeln und entsprechend den Bedürfnissen des Endproduktes aufzubereiten, wurden bereits erwähnt. Damit war es aber bisher immer noch notwendig, die Mahlentwicklung der Faserstoffe im einzelnen und als Ganzstoff in der bisher üblichen Form zu kontrollieren und entsprechende Schlußfolgerungen zu ziehen. Das Bestreben, auch die Mahlungsgradprüfungen kontinuierlich zu gestalten, ist nicht neu. Auf diesem Gebiet gab es viele Vorschläge, die aber nicht in die Praxis eingeführt wurden, weil sie keine reproduzierbaren Werte ergaben. Durch die Papiermaschinen-Baufirma Black-Clawson-Company haben diese Bemühungen nun doch zu einem Erfolg geführt. Es wurde ein Gerät zur kontinuierlichen Mahlungsgradbestimmung und -regelung entwickelt und in Betrieb genommen [63]. Dieses im Bild 106 gezeigte Gerät wird in der Stoffaufbereitung eingesetzt. Der Stoff gelangt mit der Stoffdichte, die üblicherweise bei der Mahlung angewendet wird, in einen Stoffkasten und wird dort auf eine Konsistenz von 1···2 % verdünnt. Durch ein Gefälle läuft er mit dieser Konsistenz auf ein Rundsieb,

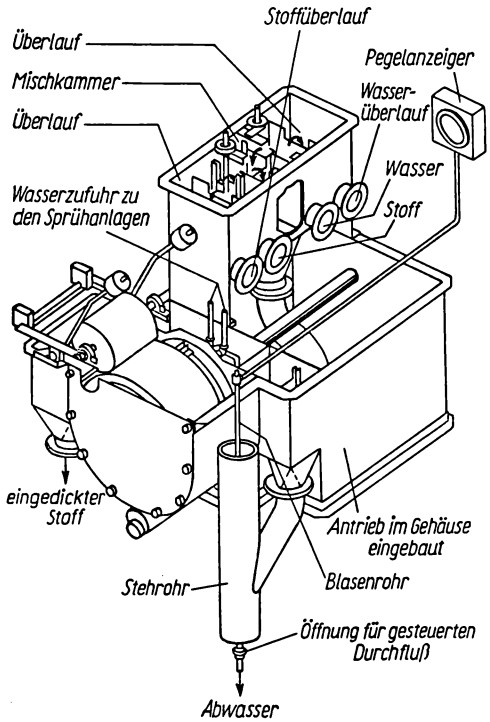


Bild 106. Kontinuierlich arbeitendes Mahlgrad-Prüf- und -Regelgerät

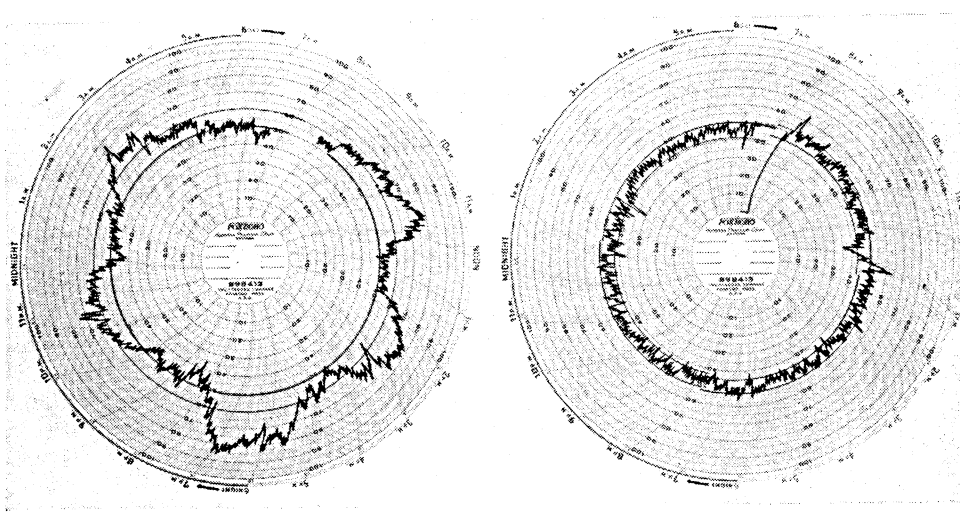


Bild 107. Ergebnisse mit kontinuierlichem Mahlungsgrad-Prüf- und -Regelgerät

auf dem sich ein Blatt bildet. Der Schmierigkeitsgrad wird an Hand der abfließenden Wassermenge gemessen und Abweichungen von den vorher eingestellten Standardwerten in Form von Steuerimpulsen an die automatischen Steuereinrichtungen der Mahlgeräte gegeben. Durch die automatische Verstellung der Mahlscheiben oder -kegel wird der Schmierigkeitsgrad korrigiert. Der auf dem Rundsieb auflaufende Stoff wird durch eine Abgautschwalze abgenommen und dem Stofflauf wieder zugeführt. Durch entsprechend angebrachte Spritzrohre wird das Rundsieb wieder gereinigt. Damit werden die Voraussetzungen für stets gleichmäßige Meßbedingungen geschaffen. Im Bild 107 wird eine Gegenüberstellung von Ergebnissen mit und ohne Mahlungsgradsteuerung gezeigt. Die eingestellten Sollwerte sind durch die stark gekennzeichneten Linien auf den Diagrammblättern gekennzeichnet. Nach dem rechten Diagrammblatt zu urteilen, arbeitet die Anlage außerordentlich gleichmäßig. Das bedeutet einen bedeutenden Fortschritt in der Weiterentwicklung zur vollautomatischen Stoffaufbereitungsanlage.

Eine Weiterentwicklung der geschilderten kontinuierlichen Mahlungsgradmessung und -regelung ist die im Bild 108 gezeigte Meßvorrichtung (1), die unmittelbar in die vom Refiner kommende Stoffleitung (2) eingebaut ist. Der Meßvorgang erfolgt, indem die Stoffsuspension auf dem zwischen den Flanschen eingebauten Sieb (3), bei konstanter Druckdifferenz zwischen Stoff und Luft, die am oberen Ende des Schaurohres (4) zugeführt wird, entwässert. Das Wasser steigt im Schaurohr an. Nach zwei Minuten Entwässerungszeit wird die Höhe des Wassers im Schaurohr gemessen, wobei der gemessene Wasserstand einem bestimmten Mahlungsgrad entspricht. Dieser Mahlungsgrad wird mit dem am Sollwertgeber verglichen, von dem aus über einen Regler, bei gegebener Abweichung, die

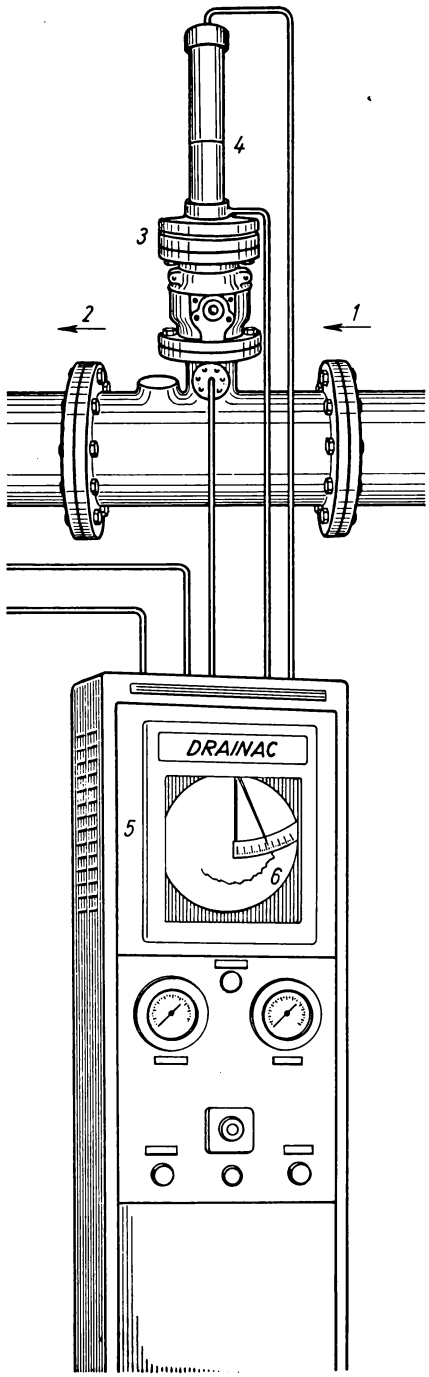


Bild 108. Drainac-Mahlgradprüfer

Stellung des Refinerkegels verändert wird. Nach Beendigung des Meßvorganges wird das im Schaurohr (4) befindliche Wasser durch das Sieb mittels Luftdruckes zurückgedrückt und so das Sieb vom Stoff gereinigt und für den nächsten Meßvorgang frei gemacht.

8.3.2.8. Steuerung der Stoffaufbereitung

Bisher wurde auf die Geräte und Armaturen eingegangen, welche die Voraussetzung für die Automatisierung der Stoffaufbereitungsanlage bilden. Damit ist gesagt, daß sie Hilfsmittel sind, um alle Arbeitsoperationen von zentraler Warte aus steuern zu können und die Steuervorgänge sichtbar zu machen. Dabei werden je nach Notwendigkeit und weitgehend Teilautomatisierungen durchgeführt und in einigen Fällen ganze Prozesse über Programmregler gesteuert. Im Bild 109 wird eine zentrale Schaltwarte für drei Kartonmaschinen gezeigt, in der alle Meß- und Steuerschaltungen einschließlich der Programmsteuerungen untergebracht sind. Sämtliche Büttenstände, Ventil- und Schieberstellungen sowie die Stoffwege sind auf einem Leuchtschaltbild sichtbar gemacht. Damit wird ein kontinuierlicher Arbeitsfluß und eine gute Überwachung der Anlage durch wenig Bedienungskräfte gewährleistet.

8.3.2.9. Anwendung elektronischer Rechenanlagen

Bedingt durch die Entwicklung der Produktivkräfte sowie die steigenden Qualitätsansprüche an das Produkt, verbunden mit dem Bestreben nach optimaler Ausnützung der vorhandenen Anlagen bei geringstem Roh- und Hilfsstoffverbrauch, niedrigen Ausschußquoten und niedrigstem Lohnanteil, wird es in immer stärkerem Maße

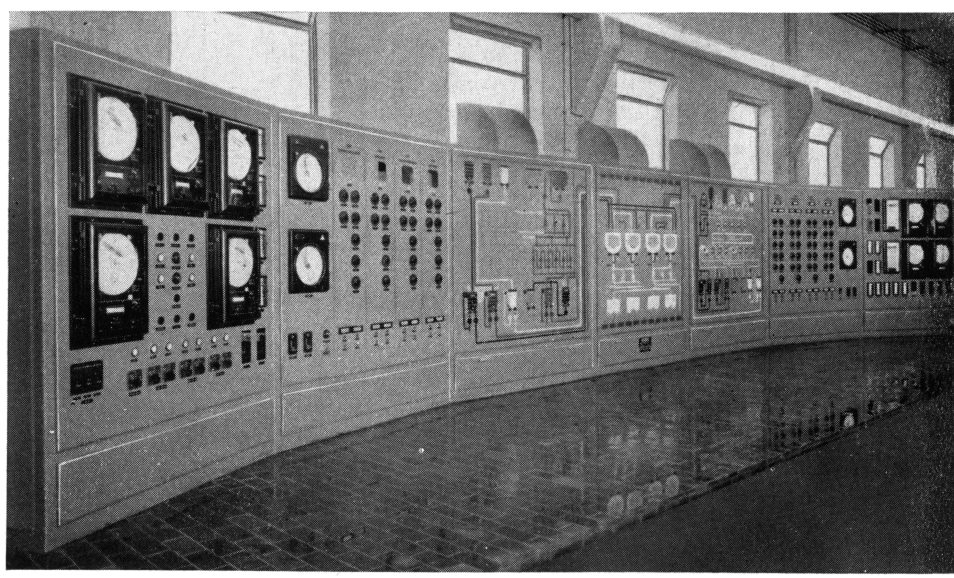


Bild 109. Zentrale Schaltwarte

erforderlich, den Herstellungsprozeß von Karton und Pappe gründlich zu beherrschen.

Die Herstellung einer ständig gleichbleibenden Qualität, die optimale Ausnutzung der Anlagen kann nur erreicht werden, wenn alle auftretenden Störungen, die sich aus Veränderungen im Rohstoff, in der Stoffaufbereitung, an der Kartonmaschine und anderen Einflüssen der Umgebung ergeben, rechtzeitig erfaßt und kompensiert werden. Mit den herkömmlichen Mitteln der Meß- und Regeltechnik allein kann man dieses Ziel nicht erreichen, weil die Meßgeräte nicht den Erfordernissen einer flexiblen Datenerfassung und einer vielfältigen Auswertung des gesammelten Datenmaterials

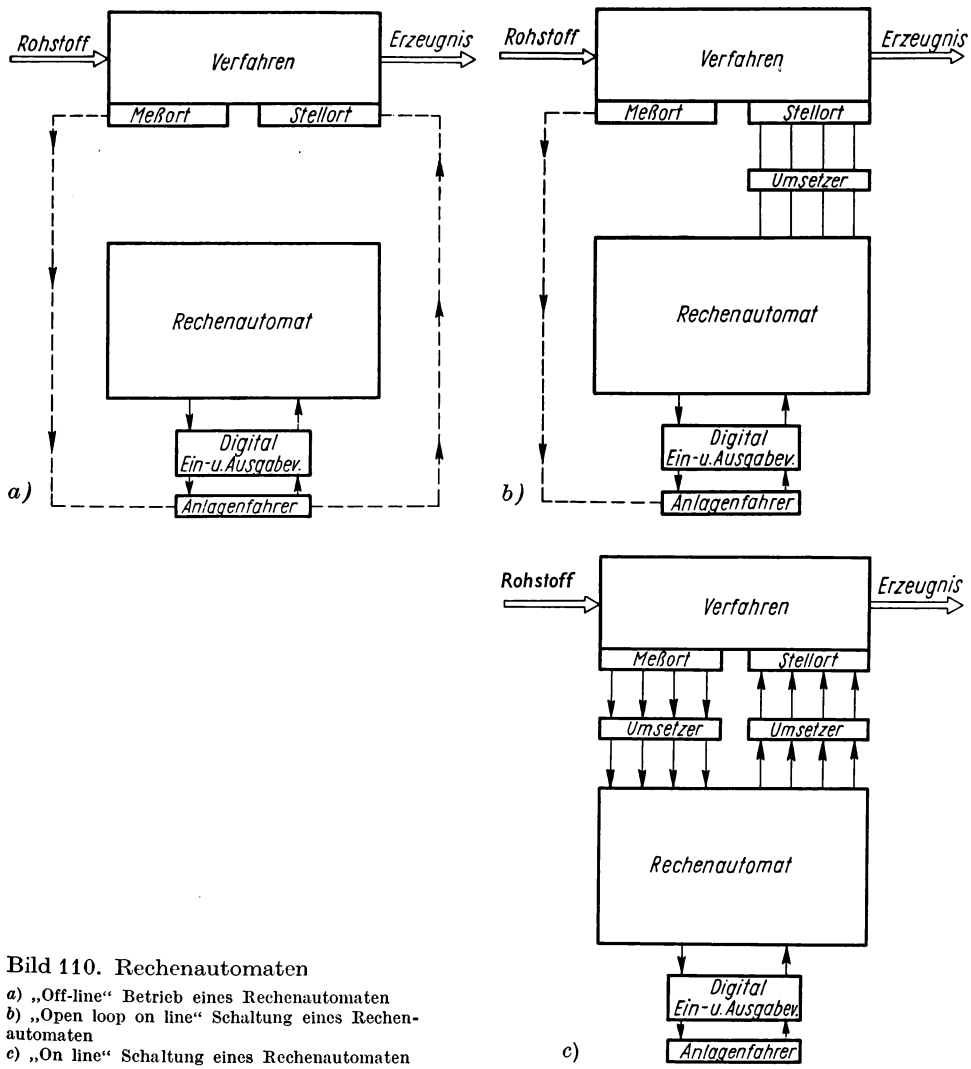


Bild 110. Rechenautomaten

a) „Off-line" Betrieb eines Rechenautomaten
b) „Open loop on line" Schaltung eines Rechenautomaten
c) „On line" Schaltung eines Rechenautomaten

entsprechen. Die Herstellung einer ständig gleichbleibenden Qualität, die optimale Ausnutzung der Anlagen kann nur erreicht werden, wenn alle auftretenden Störungen, die bereits genannt wurden, rechtzeitig erfaßt und kompensiert werden. Durch den Einsatz von Prozeßrechnern eröffnen sich für Überwachung, Führung und Automatisierung des Herstellungsprozesses vollkommen neue Möglichkeiten, das angeschnittene Problem zu lösen. Der in der Papier-, Karton- und Pappenherstellung vorherrschende kontinuierliche Prozeß bietet deshalb außerordentlich günstige Voraussetzungen für den Einsatz von Prozeßrechnern zur komplexen Automatisierung. Eine Teilautomatisierung ist bekanntlich mit den vorhandenen Meß- und Regelgeräten möglich, so z. B. die Stoffaufbereitung, die Stoffdichteregelung, die Regelung der Masse je Flächeneinheit, des Feuchtigkeitsgehaltes und anderer. Alle diese Regelvorgänge erfolgen bisher unabhängig voneinander und ohne gegenseitige Beeinflussung, es fehlen die funktionellen Zusammenhänge. Um dieses Ziel der komplexen Automatisierung zu erreichen, bedarf es bei Einsatz eines Prozeßrechners selbstverständlich zunächst der Festlegung einer Konzeption, d. h. genau gesagt eines mathematischen Modells, über den Ablauf eines bestimmten Prozesses bei Verwendung bestimmter Roh- und Hilfsstoffe, an Hand von meßbaren Parametern. Die Möglichkeiten des Einsatzes elektronischer Rechenanlagen gliedern sich in drei Abschnitte (Bild 110).

1. Der Rechner steht nicht in Verbindung mit den vorhandenen Meßstellen. Die Meßergebnisse werden abgelesen und entsprechend einem festgelegten Programm im Rechenautomaten ausgewertet und die Ergebnisse zur Regelung von Hand verwendet (Bild 110a).
2. Der Rechenautomat erfaßt selbständig durch unmittelbare Verbindung mit den Meßstellen in festgelegten Zeitabständen die Meßergebnisse, verarbeitet dieselben entsprechend dem mathematischen Modell. Die Ergebnisse werden auch hier zur Regelung von Hand verwendet (Bild 110b).
3. Der Rechenautomat ist sowohl mit den Meßstellen, als auch den Stellorten verbunden. Die erfaßten und entsprechend dem Programm errechneten Ergebnisse werden zur Veränderung der Sollwerteinstellungen direkt verwendet (Bild 110c).

Dabei empfiehlt es sich bei Einsatz einer Rechenanlage zweckmäßig so vorzugehen, daß man zunächst nur einen bestimmten Anlagenteil erfaßt und dann laufend erweitert, wobei der tatsächlich erreichbare ökonomische Nutzen stets der ausschlaggebende Faktor für den Aufbau und den Einsatz sowie den Umfang einer solchen Anlage sein muß.

8.4. Stoffaufbereitungsanlagen

In den vorhergehenden Kapiteln wurden die einzelnen Maschinen und Geräte, die für eine holländerlose Stoffaufbereitungsanlage einschließlich ihrer Überwachung, Steuerung und auch Automatisierung notwendig sind, näher behandelt. In diesem Abschnitt wird auf einige spezielle und komplette Anlagen eingegangen, damit das Zusammenwirken der einzelnen Teile erkennbar wird. Dabei muß vorweggenommen werden, daß die anschließend behandelten und beschriebenen Anlagenschemata nicht als Schablone zu betrachten sind. Es ist bisher nicht unerwähnt geblieben, soll aber hier nochmals deutlich herausgestellt werden: Eine moderne, holländerlose Stoffaufbereitungsanlage richtet sich in ihrer Struktur voll und ganz nach den Erforder-

nissen, die das Endprodukt in seiner Qualität an sie stellt. Das heißt also, daß jede Anlage mit den bisher behandelten Aggregaten und Geräten entsprechend dem Enderzeugnis zusammengestellt und geordnet werden muß. Grundprinzip hat immer zu sein: hohe Qualität, absolute Gleichmäßigkeit des Erzeugnisses, wenig Aufwand an menschlicher Arbeitskraft, keine körperlich schwere Belastung der eingesetzten Menschen, hohe Wirtschaftlichkeit der Anlage bei guter Übersichtlichkeit und damit zweckmäßigster Anordnung auf kleiner Produktionsfläche.

Es gibt auch heute noch in der Pappenindustrie Anlagen, in denen die Auflösung der Halbstoffe und die Aufbereitung des Ganzstoffes nach dem klassischen Verfahren, d. h. unter Verwendung von Kollergängen und Holländern durchgeführt wird. Diese Technologie genügt den heutigen Anforderungen in bezug auf eine hohe Wirtschaftlichkeit in keiner Weise mehr, weil ein zu großer Aufwand an menschlicher Arbeitskraft für die Erzeugung benötigt wird. Darüber hinaus werden infolge der großen Abmessungen und der hohen Massen der verwendeten Maschinen sehr umfangreiche Räumlichkeiten mit hoher Deckentragfähigkeit benötigt, wodurch ein hoher Aufwand an Anlagekosten und auch Betriebskosten entsteht. Hinzu kommt, daß es nur unter Aufwand vieler Maschinen und damit auch Menschen möglich ist, eine individuelle Behandlung der einzelnen Faserrohstoffe entsprechend deren Charakter durchzuführen, um ein qualitativ hochwertiges Produkt zu erzielen.

Damit wird aber keineswegs behauptet, daß in der Karton- und Pappenerzeugung der Holländer schon vollkommen verschwunden ist, was man auch vom Kollergang auf keinen Fall behaupten kann. Der Holländer wird in solchen Erzeugungsanlagen noch einen Bestand haben, wo es auf sehr lange Mahldauer und dabei auch noch auf eine ganz spezielle Behandlung der Halbstoffe ankommt. Dabei wird es sich besonders um Anlagen mit einer sehr kleinen Tagesproduktion handeln, für die sich eine umfangreiche Mahlanlage nach neuer Technologie nicht lohnt. Das gilt allerdings nur für einen ganz speziellen Bereich der Pappenerzeugung, und zwar für die Herstellung von Hartpappen, wobei hier besonders Kofferhart- und Schuhpappen sowie Preßspan- und Matrizenpappen gemeint sind.

Bei den zuletzt erwähnten Sorten kommt es bekanntlich auf die Erfüllung bestimmter, dem Verwendungszweck angepaßter und von diesem bestimmten Qualitätsforderungen an. Zur Erfüllung dieser Forderungen kann man heute bereits auch moderne Mahlgeräte mit gutem Erfolg verwenden. Dort, wo noch mit dem Mahlholländer gearbeitet wird, ist es aber ohne weiteres möglich, die Auflösung der Faserhalbstoffe bzw. der Hilfsstoffe in einer Form durchzuführen, die einen geringsten Aufwand an menschlicher Arbeitskraft und Maschinen erfordert. Eine Stoffaufbereitungsanlage in einer modernen Spezialhartpappenfabrik für die Auflösung der Faserhalbstoffe sollte mit einem Stofflöser ausgerüstet sein. Damit wird bereits eine bedeutende Vereinfachung erreicht. Diese Stofflöserkonstruktionen sind so weit entwickelt, daß mit ihnen eine wirtschaftliche Auflösung von Halbstoffen erfolgen kann und ein Stoff erzielt wird, der fast frei von Stippen ist. Darüber hinaus werden zur Herstellung dieser Erzeugnisse im allgemeinen Altpapierqualitäten eingesetzt, die wenig Unrat und Fremdbestandteile enthalten, so daß eine gute Reinigung des Stoffes im Turbolöser bzw. mit nachgeschalteten Dickstoffreinigern möglich ist. Zweifellos ist diese Art der Stoffreinigung sicherer und arbeitet mit besserem Effekt als die althergebrachte Reinigung mit dem Kollerstoffsortierer. Außerdem hat das Lösen des Stoffes im Stofflöser auch noch qualitative Vorteile, die sich besonders in den Festigkeitseigenschaften des Endproduktes ausdrücken.

Tabelle 30. Einfluß des Kollerns auf die Eigenschaften des fertigen Maschinenpapiers. Papier aus 100 % gebleichtem Fichtensulfitzellstoff, Kollern des Zellstoffes bei 35 % atro, Kollerdauer 40 min, Mahlung im Holländer, Dauer 3 h, Endmahlungsgrad 67 °SR. Papiermaschine: sämtliche Bedingungen konstant (die Verhältnisse bei Karton und Pappe sind analog)

Eigenschaften	Ungekollerter Zellstoff		Gekollerter Zellstoff	
	absolut	relativ	absolut	relativ
Formeigenschaften				
Masse je Flächeneinheit	79,5 g/m²	100 %	80,0 g/m²	—
Dicke	0,099 mm	100 %	0,107 mm	+ 8 %
Dichte	0,803 g/cm³	100 %	0,747 mm	— 7 %
Festigkeitseigenschaften				
Reißlänge	3995 m	100 %	3040 m	— 24 %
Dehnung	3,0 %	100 %	3,2 %	+ 7 %
Berstdruck	2,6 kg/cm²	100 %	2,1 kg/cm²	— 19 %
Falzzahl	135	100 %	31	— 77 %
Durchreißfestigkeit	170 g	100 %	155 g	— 9 %

Wie sich das Kollern von Faserhalbstoffen auf die Festigkeitseigenschaften eines Stoffes auswirkt, hat *Brecht* [64] in einer bereits 1951 veröffentlichten Arbeit nachgewiesen, die in Tabelle 30 aufgeführt wird.

Wie aus der Tabelle zu ersehen ist, zeigen sich bereits bei einem Zellstoff wesentliche Beeinflussungen der Festigkeitswerte durch das Kollern. Dabei werden speziell solche Werte, wie Reißlänge, Berstdruck und auch die Dichte, ungünstig beeinflußt, also Werte, die speziell bei der Produktion von Fein- und Hartpappen eine wesentliche Rolle spielen. Beim Auflösen von Altpapierstoffen im Kollergang muß man mit noch größeren Schädigungen rechnen, weil diese Stoffe bereits einer Stoffaufbereitung, also einer mehr oder weniger hohen Beanspruchung durch Kollergang und Holländer, unterworfen waren und dadurch schon Schwächungen in sich tragen. Eine gesonderte Entstippung des im Kollergang aufgelösten Stoffes ist nicht erforderlich, da der verhältnismäßig geringe Stippenanteil während des Mahlprozesses im Holländer mit aufgeschlagen wird.

Der bereits erwähnte Stofflöser kann in diesem Falle so bemessen sein, daß mit ihm entweder im Dreischichtenbetrieb die benötigten Faserhalbstoffe, sowohl Zellstoffe als auch Altpapier, gelöst werden, oder man arbeitet mit entsprechend größerem Stofflöser nur in einer Schicht. Die aufgelösten Stoffe stapelt man in Zwischenbütten, aus denen die Entnahme für die Weiterverarbeitung erfolgt. Diese Arbeitsweise hat den Vorteil, daß sowohl das Altpapier als auch der Zellstoff eine schonende Auflösung erfahren. Dieser Auflösung folgt dann die spezielle Mahlbehandlung.

Um eine einwandfreie Qualität des Endproduktes zu erhalten, muß man Zellstoff und Altpapier stets einer getrennten Behandlung unterziehen. Während Altpapier keine oder aber nur eine geringe und leichte Mahlbehandlung erfahren darf, ist der Zellstoffanteil grundsätzlich so auszumahlen, daß eine hohe Festigkeitsentwicklung erreicht wird, um dadurch die Festigkeitswerte des Gesamtstoffes zu verbessern.

Zellstoffe und Altpapiere haben ein grundverschiedenes Mahlverhalten. Altpapiere weisen infolge ihres bereits vorhandenen Mahlungszustandes einen oft sehr hohen Mahlungsgrad auf und erfahren deshalb eine schnellere Mahlentwicklung als der vollkommen ungemahlene Zellstoff.
Bezüglich der Mahlbehandlung werden noch unterschiedliche Wege beschritten. Zur Herstellung von hochwertigen Spezialpappen verwendet man heute noch den Mahlholländer als Mahlmaschine. In diesem Fall wird der aufgelöste Halbstoff, und zwar speziell der Zellstoffanteil, im Holländer gemahlen, während für das Altpapier nur die effektiv noch notwendige Behandlung im Holländer erfolgt. Der Zellstoffanteil wird dann dem Altpapierholländer zugegeben und im Anschluß an die Zugabe der Hilfsstoffe eine Mischung und Egalisierung durchgeführt, bevor ein Ablassen in die Maschinenbütte erfolgt. Durch gute Vorreinigung des Altpapieranteiles wird auch der Ganzstoff verhältnismäßig wenig Unratanteile enthalten. Trotzdem sollte man auf eine Feinreinigung im Wirbelsichter nicht verzichten, weil es bei den Spezialpappen besonders auf eine geschlossene und absolut saubere Oberfläche ankommt. Es ist deshalb erforderlich, daß der Stoff in der Bütte zunächst dichtegeregelt wird, damit durch eine gleichmäßige Verdünnung des Stoffes eine gleichmäßige Beaufschlagung der Wirbelschleudern erfolgen kann. Der so gereinigte Stoff wird der Pappenmaschine zugeleitet. Eine Kombination Stofflöser-Holländer läßt sich z. B. bei der Modernisierung einer bestehenden Anlage durchführen (Bild 111). In diesem Fall arbeitet man zwischen Stofflöser und Holländer direkt, d. h. ohne Zwischenbütte. Das bedeutet, daß der Stoff in gelöster Form aus einem Spezialstofflöser direkt in den Holländer abgeleert wird. Hierfür sollte man den Stofflöser so aufstellen, daß kurze Stoffwege zu den Holländern entstehen. Die benötigten Zellstoffanteile müßten in diesem Fall im gleichen Stofflöser gelöst und dann über Zwischenbütte und Zellstoffholländer dem Altpapieranteil zugesetzt werden. Wie aus dem Bild zu ersehen ist, können aus dem Stofflöser ohne Zwischenschaltung einer Bütte sechs und gegebenenfalls auch mehr Holländer über einen Stoffverteilschieber beschickt werden. Der gesamte Schaltungsablauf kann auf einem Steuerpult zusammengefaßt und damit ferngesteuert werden. Der Stoffverteilschieber ist so gebaut, daß ein drehbar gelagertes Rohrstück innerhalb des Schiebers auf die jeweilige Holländerleitung geschaltet werden kann (Bild 112).

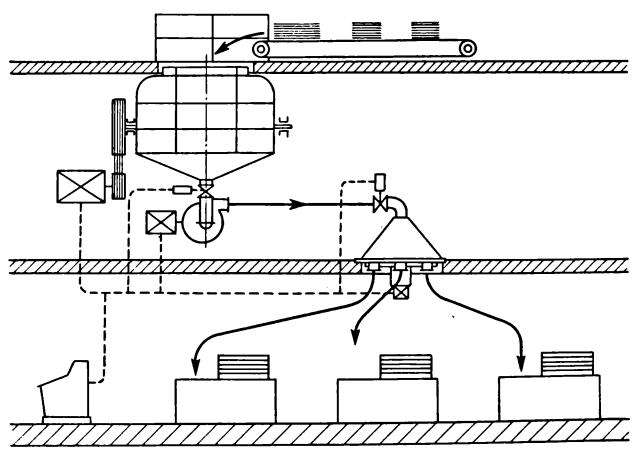


Bild 111. Kombinierte Stoffaufbereitungsanlage

Aber auch zur Erzeugung von Spezialpappen wird der Holländer in der Stoffaufbereitung immer mehr von der schnellaufenden Kegelmühle verdrängt. Es gibt heute Stoffaufbereitungsanlagen für Kofferhartpappe, bei denen auch zur Stoffmahlung bereits Hydromühlen eingesetzt werden. Allerdings ist dabei zu beachten, daß es hier auch speziell um die Mahlung der Zellstoffanteile gehen muß. Dagegen verwendet man bei dem Altpapier in der Hauptsache den Entstipper, um einen vollkommen gelösten Stoff zu erhalten und Faserschädigungen zu vermeiden. Eine Mahlung kommt höchstens bei solchen Stoffen in Frage, die einer Mahlung noch bedürfen, z. B. bei Sack- oder auch Spinnpapierstoffen.
Für die Aufbereitungsanlage einer Graupappenfabrik, die noch mit Wickelpappenmaschinen arbeitet, sei es mit Hand- oder Automatik-Abnahmewalze, ist z. B. die

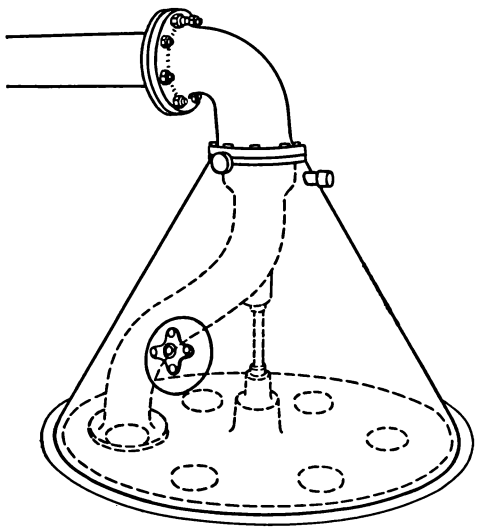


Bild 112. Stoffverteilschieber

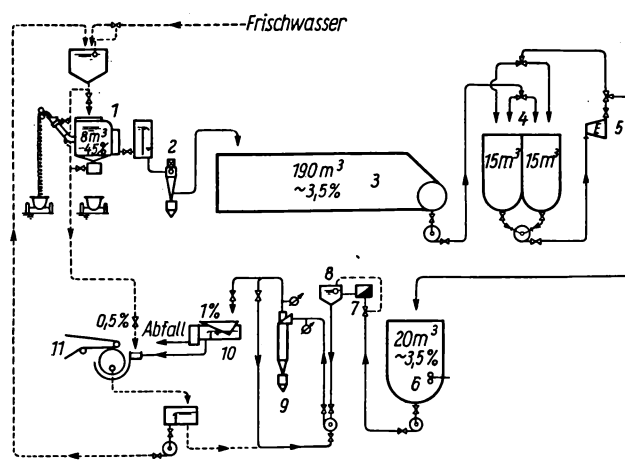


Bild 113. Altpapier-Aufbereitungsanlage für 10 t/d Wickelpappen

(*1*) Stofflöser, (2) Dickstoffreiniger, (3) Vorratsbütte, (*4*) Cyklieranlage, (*5*) Entstipper, (*6*) Maschinenbütte, (*7*) Stoffdichteregelung, (*8*) Verdünnung des Stoffes, (*9*) Wirbelschleuderanlage, (*10*) Plansortierer, (*11*) Teil der Pappenmaschine

im Bild 113 gezeigte Anlage geeignet [30]. Das Altpapier wird bei wirtschaftlichem Energieverbrauch zunächst im Stofflöser weitgehend gelöst und anschließend mit einer Konsistenz von 4,5 %, die im Stofflöser eingestellt wird, direkt einem Dickstoffreiniger zugeleitet. Durch die Grobreinigung, die im Stofflöser mittels Zopfwinde und Grobschmutzschleuse durchgeführt wird, und die Nachreinigung im Dickstoffreiniger wird ein guter Reinigungseffekt erzielt. Der so gereinigte Stoff wird in einer Vorratsbütte, die gleichzeitig der Quellung der Fasern dient, gesammelt. Die Zwischenschaltung der Vorratsbütte nimmt man deshalb vor, weil der Stofflöser nur in einer Schicht, und zwar nachts betrieben wird, um Vorteile, die der Nachtstrom preislich bietet, auszunutzen. Ein weiterer Grund liegt in der Leistung des Entstippers. Da mit einem Entstipper bei einem Durchgang eine Menge von 10 t/d nicht entstippt werden kann und um die Aufstellung weiterer Entstipper zu vermeiden und Schwankungen in der Altpapierqualität ausgleichen zu können, ist dieser Vorratsbütte eine Cyklieranlage nachgeschaltet. Mittels dieser aus zwei Bütten und einem Entstipper bestehenden Anlage wird es möglich, mehrere Durchgänge durch einen Entstipper zu leiten und damit die Qualität des Stoffes zu beeinflussen. Diese Cyklieranlage arbeitet so, daß die beiden Bütten abwechselnd für die Stoffzuführung zum Entstipper und für die Aufnahme des entstippten Stoffes verwendet werden. Der fertig entstippte Stoff wird anschließend der Maschinenbütte zugeleitet. Nach der Maschinenbütte erfolgt eine Regelung der Stoffdichte im Vollstrom und nach erfolgter Verdünnung eine Feinreinigung des Stoffes in einer Wirbelschleuderanlage. Dieser Anlage ist ein Plansortierer nachgeschaltet, auf dem im Stoff noch enthaltene schwimmende Bestandteile entfernt werden. Man findet auch solche Schaltungen, bei denen ein Plan- oder Rundsortierer vor den Wirbelschleudern arbeitet. Die Nachschaltung eines solchen Sortierers ist notwendig, weil die Wirbelsichter diese Anteile nicht ausscheiden können, da sie eine zu geringe Dichte haben. Der spezifische Energiebedarf für eine derartige Anlage beträgt insgesamt 21 kWh/100 kg. Davon werden allein für die Entstippung des Stoffes 9,5 kWh/100 kg benötigt. Für die Bedienung der Anlage genügt je Schicht eine Arbeitskraft. Die Überwachung der Cyklieranlage in den beiden anderen Schichten kann bei entsprechender Zusammenfassung der Schaltvorgänge auf einem Steuerpult durch einen Maschinenführer der Pappenmaschine bzw. den Schichtleiter vorgenommen werden. Die Erläuterung zeigt, daß auch bei einer solchen Anlage mit einem Minimum an menschlicher Arbeitskraft und wirtschaftlichem Energieaufwand wesentliche ökonomische Vorteile erreichbar sind. Nachteilig bei der geschilderten Anlage ist allerdings das Fehlen eines Rundsortierers vor der Vorratsbütte. Dadurch werden schwimmende Bestandteile nicht ausgeschieden, gelangen mit in den Entstipper und werden dort zerschlagen. Dadurch ist auch der erwähnte Plansortierer nicht mehr in der Lage, alle schwimmenden Bestandteile zu entfernen. Zur Herstellung von gewöhnlichem Graupappenstoff, an den keine übermäßigen Qualitätsanforderungen gestellt werden, reicht die beschriebene Anlage vollkommen aus. Bei höheren Qualitätsanforderungen ist aber die Zwischenschaltung eines Rundsortierers erforderlich.

Eine zweckmäßige Auflöseanlage ist im Bild 114 gezeigt. Mit dieser Anlage werden je Tag etwa 100 t Altpapier aufbereitet. Die Zuführung der Ballen zum Stofflöser erfolgt durch ein Transportband, auf dem die Drahtverschnürung gelöst werden kann. Die Grobreinigung des gelösten Stoffes erfolgt zunächst im Stofflöser, der zu diesem Zweck mit Zopfwinde und Schmutzbagger ausgerüstet ist. Zur Nachreinigung sind zwei Hydraclone eingesetzt, die mit einer Stoffdichte von 0,8···1 % arbeiten. Die

ausgeschiedenen Rückstände werden mittels Schnecke auf 40 % entwässert und ausgetragen. Anschließend passiert der Stoff zwei Classifiner, die schwimmende Bestandteile ausscheiden. Während der Gutstoff in zwei Eindickern auf 5···6 % entwässert wird, führt man den ausgeschiedenen Grobstoff nach erfolgter Verdünnung einem Desintegrator [65] zu, einer Maschine, die dem Kegelaufschläger ähnlich ist, d. h., sie arbeitet praktisch als Entstipper. In diesem Gerät werden die aus dem Classifiner mit ausgeschiedenen Stippen und Faserbündel vollkommen gelöst. Der Desintegrator (Bild 115) arbeitet mit Drehzahlen von 300···600 min^{-1}. Diesen aufgeschlagenen

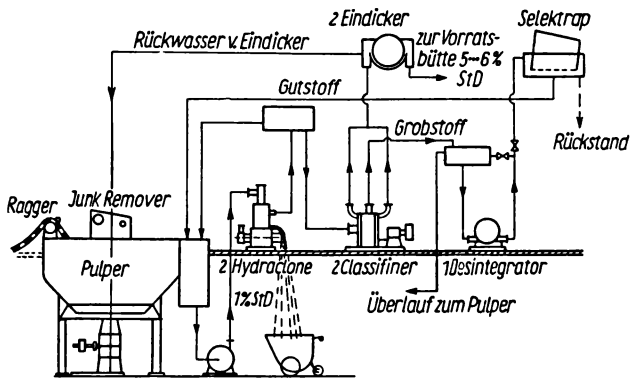


Bild 114. Altpapier-Auflöseanlage

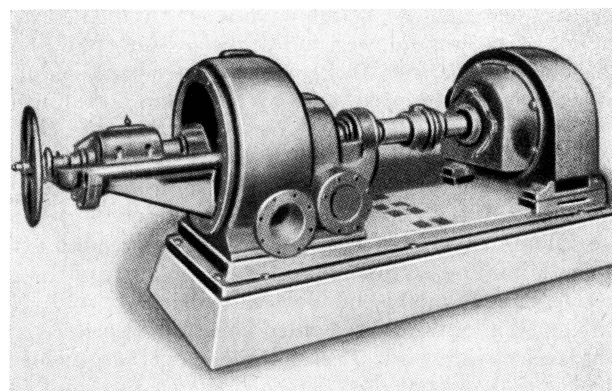


Bild 115. Desintegrator

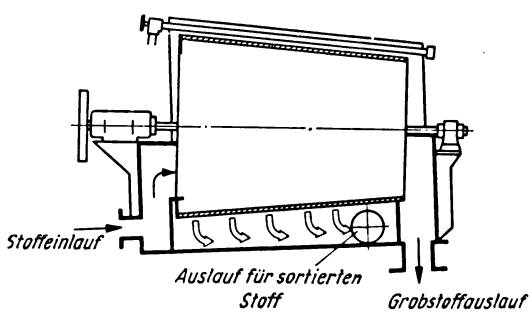


Bild 116. Selektrap

Stoff führt man einem Selektrap zu. Der Selektrap (Bild 116) besteht aus einer schräg gelagerten Siebtrommel mit einem darüber angeordneten Spritzrohr. Der Stoff tritt in das Innere der Siebtrommel ein. Während der Gutstoff durch die 8-mm-Lochungen hindurchgespült wird, bleiben die schwimmenden Bestandteile auf dem Sieb und werden am kleineren Trommeldurchmesser ausgeschieden. Der Gutstoff wird dem Überlaufbehälter des Stofflösers wieder zugeführt. Die soeben beschriebene Arbeitsweise zeigt eindeutig, daß mit den in den letzten Jahrzehnten entwickelten Geräten eine wirtschaftliche und zweckentsprechende Stoffauflösung bei fast vollkommener Fasergewinnung möglich ist.

Eine weitere erwähnenswerte Anlage (Bild 117) dient der Auflösung und Aufbereitung von Halbstoffen für 60 t/d Duplex- und Triplexkarton [66]. Aus dem Aufbau der Anlage erkennt man sehr deutlich die richtige Tendenz, aus Altpapieren unter Einschaltung entsprechender Aufhellungsprozesse ein möglichst hochwertiges Erzeugnis herzustellen. Selbstverständlich ist die Voraussetzung dafür, um das gestellte Ziel erreichen zu können, daß die entsprechenden Altpapiersorten eingesetzt werden.

Zunächst soll einmal die Auflösung und Sortierung und die weitere Bearbeitung des Einlagen- und des Rückseitenstoffes betrachtet werden. Unabhängig von der durch die unterschiedliche Menge benötigten Anzahl der einzelnen Aggregate ist der technologische Ablauf bis zu den Silos gleich. Die Altpapiersorten, in diesem Fall gut vorsortierte Qualitäten, werden zunächst im Stofflöser bei 6,5 % Stoffdichte aufgelöst und anschließend in Vorratsbütten gestapelt, wobei eine Stoffdichte von 4,5 % eingestellt wird. Mit dieser Stoffdichte erfolgt eine Reinigung in Dickstoffreinigern, denen Entstipper nachgeschaltet sind. Dabei ist besonders darauf zu achten, daß der Stoff über ein Magnetfilter geleitet werden muß, bevor er den Entstippern zugeführt wird. Das ist notwendig, weil in den Dickstoffreinigern nicht alle für die Entstippungs-

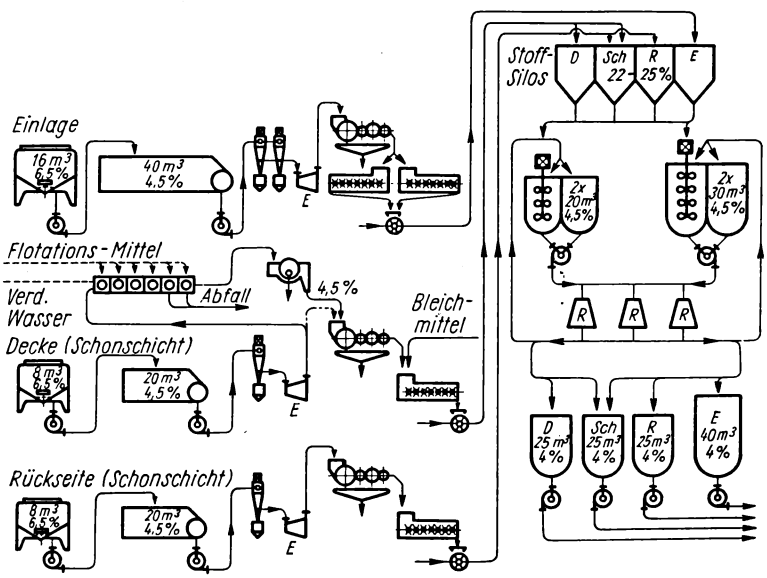


Bild 117. Altpapieraufbereitung für 60 t/d Duplex- und Triplexkarton

organe außerordentlich schädlichen Metallteilchen entfernt werden. Diese kleinen Eisenteilchen sind die Ursachen für ein schnelles Abarbeiten der Zahnscheiben, so daß der Entstipper in seiner Wirkung allmählich vollkommen ausfällt. Der so vorbereitete Stoff wird zunächst auf Banddruckfiltern entwässert, anschließend in Einwellenzerfaserern aufgeschlossen und von dort auf die Silos für die einzelnen Kartonschichten geblasen. Zur Herstellung der Decke für den obenerwähnten Karton werden ebenfalls gute Altpapiere verwendet. Um einen entsprechend hellen Deckenstoff zu erhalten, wird der aufgelöste, vorgereinigte und entstippte Stoff über eine De-inking-Anlage geleitet und dort aufgehellt. Nach Entfernung der Druckerschwärze mittels Flotation wird der Stoff auf 4,5 % eingedickt und anschließend auf einem Banddruckfilter weiter entwässert. Nach Auflösung im Einwellenzerfaserer, in den zur weiteren Aufhellung des Stoffes als Bleichmittel Peroxid zugegeben wird, wird der Stoff in einen Silo geblasen. Die Bleiche des Deckenstoffes erfolgt demnach also während der Lagerzeit im Silo. Der aus den Silos entnommene Stoff wird in stehenden Bütten, die mit Rührwerken ausgerüstet sind, auf eine Stoffdichte von 4,5 % verdünnt und anschließend in einer Cyklier-Mahlanlage zu Fertigstoff aufbereitet. Die Notwendigkeit der Mahlung des Stoffes auf einen bestimmten Mahlungsgrad bestimmt die Mühlenbelastung, die Anzahl der Durchgänge durch die Mühlen bzw. die Anzahl der einzusetzenden Mühlen.

Im Bild 118 wird das Prinzipschaltbild einer Cyklieranlage dargestellt. Die Cyklier-mahlung erfolgt vollautomatisch mit Programmsteuerung. Auf dem Vorwahlgerät (2) wird zunächst die Anzahl der Umläufe eingestellt. An den beiden Cyklierbütten sind Drucktransmitter (1) eingebaut, die auf dem Impulsspeicher (3) die Büttenstände anzeigen. Von diesem Impulsspeicher wird der Impulsgeber (4) beeinflußt, der über die elektro-pneumatischen Steuerventile (5) die Stoffventile (8) an den Cyklierbütten, die Umschaltventile (10) für die Cyklierbütten und die Umsteuerventile (11) für die Stapelbütten betätigt. Weiter werden bei Ausfall der Umwälzpumpe die elektrohydraulischen Ventile (6) für die Kegelschnellverstellung (7) an den Refinern gesteuert. Damit wird eine Beschädigung der Kegel ausgeschaltet. Von der Steuertafel (14) aus erfolgt über Stellknöpfe (16) die Belastungseinstellung für die Refinermotoren, die an den Instrumenten (15) angezeigt wird. Die Einstellung des Kegelabstandes bei

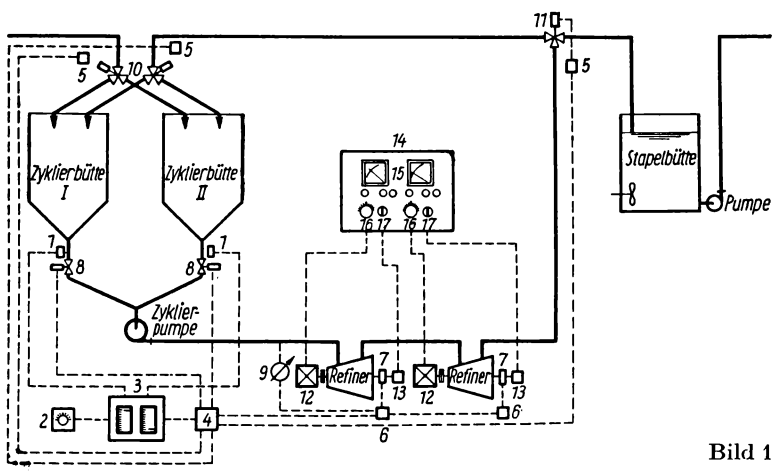


Bild 118. Cyklieranlage

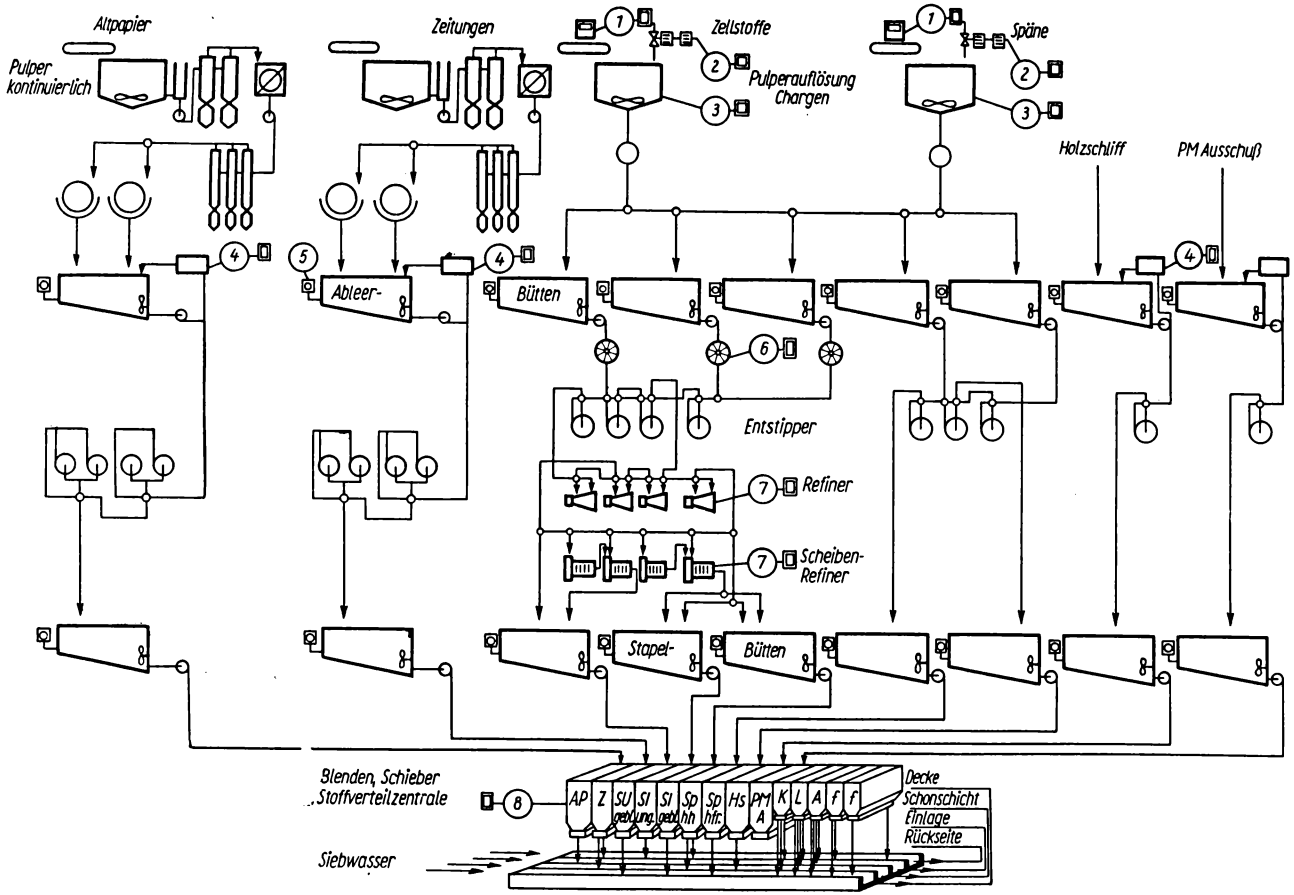


Bild 119. Regel- und Meßstellen in der Stoffaufbereitung für einen Vierschichtenkarton

(1) Eintragkontrolle, (2) Wasserdosierung, (3) Pulperautomatik, (4) Konsistenzregler (5) Niveauanzeiger, (6) Stoffmengenzuteilung, (7) leistungsabhängige Steuerung, der Refiner, (8) Zuteilautomatik

den Refinern erfolgt über speziell hierfür vorhandene Verstellmotoren (13) mit Hilfe der Steuertaster (17). Der so aufbereitete Stoff wird anschließend den Maschinenbütten zugepumpt. Der spezifische Energieaufwand für die gesamte Anlage beträgt etwa 28 bis 34 kWh/100 kg Stoff. Dabei werden allein für die Entstippung und Mahlung etwa 12···14 kWh an Kraft aufgewendet. Bei sämtlichen bisher geschilderten Anlagen ist es selbstverständlich möglich, die einzelnen Operationen auf einer zentralen Schaltwarte zusammenzufassen und von dort zentral zu steuern und zu überwachen. Dabei kann auch weitgehend mit Programmsteuerung gearbeitet werden.

Umfangreicher und vielseitiger wird eine Stoffaufbereitungsanlage in dem Moment, wo es sich um die Auflösung und Aufbereitung von Faserhalbstoffen für einen Mehrschichtenkarton handelt, der aus sehr unterschiedlichen Faserstoffen erzeugt wird. Auch diese Aufgabe kann mit den gebräuchlichen Auflöse-, Reinigungs- und Mahlgeräten erfolgen. Dabei bedarf es allerdings eines weitgehenden Einsatzes von Meß-, Steuer- und Regelgeräten, um das Enderzeugnis mit der erforderlichen Qualität zu erzeugen. Es ist auch hier nicht möglich, ein Schema zu geben. Der Aufbau und die Schaltung sind abhängig vom Sortenprogramm und den dazugehörigen Roh- und Hilfsstoffen sowie von Stoffzusammensetzungen. Auch die Stoffdosierung ist unterschiedlich. Es soll aber trotzdem auf einige Anlagen speziell eingegangen werden.

Bei der im Bild 119 gezeigten Anlage handelt es sich um eine Stoffaufbereitung für einen Vierschichtenkarton mit verschiedenen Rohstoffanteilen. Wie aus der Schemazeichnung ersichtlich ist, erfolgt die Auflösung und Aufbereitung der einzelnen Schichten getrennt und individuell in den entsprechenden Stoffstraßen. Für die Auflösung des Altpapieranteiles ist ein kontinuierlich arbeitender Stofflöser vorgesehen. Der aus dem Stofflöser kommende Stoff wird auf etwa 2,5 % Stoffdichte verdünnt und in Wirbelentsandern von noch vorhandenen Schwerteilen gereinigt. Anschließend erfolgt in Rundsortierern die Entfernung der Schwebeteile, wie Kork, Zellophan usw. Dieser Reinigung folgt bei etwa 0,5 % Stoffdichte eine Feinreinigung in Wirbelschleudern. Da der Stoff für die Behandlung in den Entstippern mit dieser niedrigen Stoffdichte nicht geeignet ist, wird er zunächst in Eindickern auf eine Konsistenz von 5,5···6 % entwässert. Anschließend wird der Stoff in einer mit Niveauanzeige ausgerüsteten Bütte gestapelt. In dieser Bütte erfolgt auch eine Dichteregelung. Danach wird der Stoff in zwei hintereinandergeschalteten Entstipperpaaren vollkommen aufgeschlossen. Vor die Entstipper sind Magnete geschaltet, um vorhandene Eisenteile vorher zu entfernen. Der so gereinigte und vollkommen aufgelöste Stoff wird in einer Stapelbütte gesammelt. In der gleichen Form erfolgt auch die Auflösung der aus Zeitungspapier und Remittenden bestehenden Stoffkomponenten. Für die Zellstoffauflösung und die Auflösung von weißen Spänen sind je ein Stofflöser vorgesehen, die mit Eintragskontrolle, Wasserdosierung und Programmsteuerung ausgerüstet sind. Im Bild 120 wird das Schema der automatischen Steuerung eines Stofflösers (Programmregelung) erläutert. Sämtliche Komponenten, wie Stoff- und Wassermenge, Auflösezeit, Öffnen und Schließen des Leerventils bzw. die In- und Außerbetriebsetzung der Ableerpumpe, werden im Programm festgelegt und laufen dann automatisch ab. Bei Auslösung der Automatik füllt sich zunächst der Stofflöser mit der vorgewählten Wassermenge. Anstelle des gezeigten Dosierbehälters wendet man als einfachere Lösung einen Impuls-Wasserzähler an. Nach Ablauf des Füllvorganges wird der Stofflösermotor eingeschaltet und gleichzeitig das Zuführband, in das eine Bandwaage eingebaut ist, in Betrieb gesetzt. Sobald die vorgewählte Stoffmenge eingetragen ist, erfolgt von der Bandwaage ein Impuls an das Zeitrelais für die Auflöse-

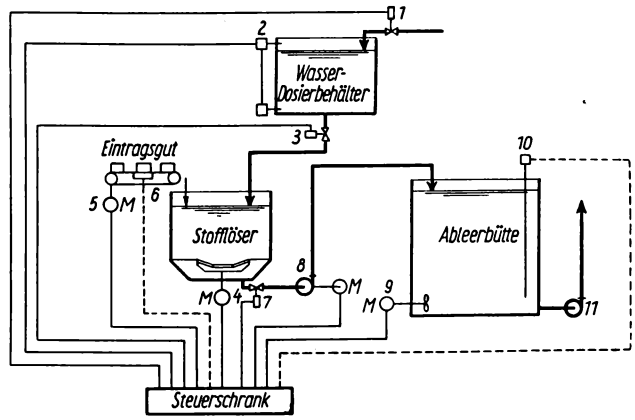


Bild 120. Automatische Steuerung eines Stofflösers

(*1*) Füllventil,
(*2*) Niveaugrenzschalter,
(*3*) Entleerungsventil für Wasserdosierbehälter,
(*4*) Antriebsmotor für Auflöser,
(*5*) Antriebsmotor für Förderband,
(*6*) Bandwaage,
(*7*) Auflöserentleerungsventil,
(*8*) Entleerungspumpen mit Antriebsmotor,
(*9*) Antriebsmotor für Rührwerk,
(*10*) Niveauanzeiger für Ableerbütte,
(*11*) Stoffpumpe

zeit. Dabei wird gleichzeitig das Zuführband abgeschaltet. Nach Ablauf der Auflösezeit wird durch einen entsprechenden Impuls der Ableerschieber geöffnet und die Leerpumpe eingeschaltet. In die Programmregelung ist weiterhin der Anlauf des Propellers der Stapelbütte einbezogen. Dieser läuft erst an, wenn er bereits vom Stoff bedeckt ist, so daß ein Aufspritzen des Stoffes vermieden wird. Das Ableeren der Stofflöser erfolgt entsprechend der vorgesehenen Weiterbehandlung des Stoffes auf die Stapelbütten der beiden nachfolgenden Stoffstraßen. Aus den unter dem Zellstofflöser liegenden drei Bütten wird der Stoff mittels Zellenrädern entnommen, die mit variablem Antrieb, Fernsteuerung und Registrierung für die Sollwertfestlegung des Stoffdurchsatzes durch die Mahlgeräte ausgerüstet sind. Der Stoff passiert zunächst Entstipper, die entsprechend der Notwendigkeit geschaltet werden können, und wird dann den Kegel- und Scheibenrefinern zugeleitet. Aus dem Schaltbild ist auch ersichtlich, daß die Schaltung der Entstipper, Kegel- und Scheibenrefiner in den verschiedensten Varianten möglich ist, so daß eine absolut vielseitige und wunschgemäße Mahlbehandlung erfolgen kann. Beide Refinertypen sind mit leistungsabhängiger Steuerung und Registrierung der Mahlbelastung ausgerüstet. Aus den übrigen zwei Stapelbütten kommend, passiert der Stoff die jeweils notwendige Anzahl von Entstippern und wird anschließend ebenfalls in Bütten gestapelt. Diese zuletzt geschilderten Stoffwege lassen viele Möglichkeiten der Mahlbehandlung einzelner Stoffkomponenten zu, die in einer Holländeranlage unter solch spezifischen Bedingungen nicht möglich sind. Holzschliff und Ausschuß werden in Stapelbütten dichtegeregelt und können, falls erforderlich, über Entstipper geleitet werden. Die Stapelung erfolgt dann ebenfalls in Bütten.

Die Zuteilung der einzelnen Stoffkomponenten zu den Kartonschichten erfolgt über ferngesteuerte Blendenregulierschieber, die Zuteilung der Hilfsstoffe mittels Dosierpumpen. Die gesamte Stoffzentrale ist so geschaltet, daß bei Veränderung der Kartonmaschinengeschwindigkeit auch das prozentuale Verhältnis in der Stoffzusammensetzung eingehalten wird. Eine derartige Form der Stoffzuteilung erfordert allerdings Maschinenstoffbütten mit relativ kleinem Volumen. Sie müssen mit einem sehr effektvollen Rührwerk ausgerüstet sein, um praktisch eine augenblickliche Stoffmischung zu ermöglichen.

Die Parallele zu der geschilderten Stoffaufbereitung findet man in einer solchen, die

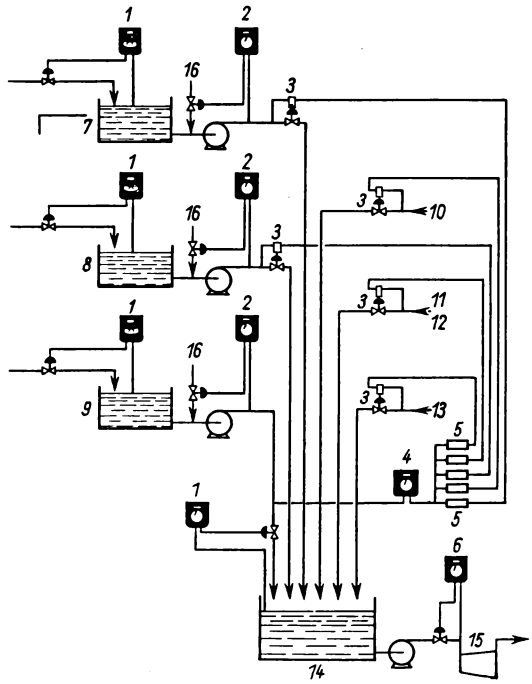


Bild 121. Prinzip-Schaltbild einer Foxboro-Stoffzentrale

(*1*) Niveauregler,
(*2*) Konsistenzregler,
(*3*) ventilgesteuerter Flußregler,
(*4*) Fluß-Impuls-Übersender,
(*5*) Proportionierungsrelais,
(*6*) Druckregler,
(*7*) Ausschuß,
(*8*) Sulfitzellstoff,
(*9*) Holzschliff,
(*10*) Alaun,
(*11*) Kaolin,
(*12*) konstante Dichte,
(*13*) Farbstoff,
(*14*) Refinerbütte,
(*15*) Refiner,
(*16*) Rückwasser

mit magnetischen Flußmessern ausgerüstet ist. Auch hier trifft das zuletzt Gesagte über die Stoffmischung vollinhaltlich zu. Eine derartige Zentrale hat den Vorteil, daß die der diskontinuierlichen Stoffmischung dienenden Mischbütten in Wegfall kommen und dadurch Platz und auch Zeit gespart wird. Weiter arbeitet eine derartige Anlage nach Vorwahl der Stoffzusammensetzung für die einzelnen Schichten vollautomatisch. Bild 121 zeigt das Prinzipschaltbild einer solchen Zentrale. Die für die einzelnen Komponenten erforderlichen Faserstoffe werden in Stapelbütten gesammelt und von dort dichtegeregelt zur Maschinenbütte gepumpt. In sämtliche Rohrleitungen sind magnetische Flußmesser eingebaut. Das vorgesehene Mengenverhältnis der Faser- und Hilfsstoffe wird an einem Verhältnisregler vorgewählt, das von der Anlage automatisch eingehalten wird, und zur Maschinenbütte gepumpt. Ein Niveauregler hält den Stoffstand in der Bütte konstant. Diesen Niveauregler schlaltet man auf das Regulierventil der größten Stoffkomponente, die damit zur Leitkomponente für die anderen Anteile wird. Bei konstantem Maschinenlauf bleibt auch das Büttenniveau konstant, so daß durch den Flußmesser der Leitkomponente eine konstante Stoffmenge läuft. Der Flußmesser gibt ein gleichbleibendes Signal an die Proportionsregler, die dadurch auch einen gleichmäßigen Durchfluß beibehalten. Tritt eine positive oder negative Veränderung der Maschinengeschwindigkeit ein, ändert sich auch der Stoffbedarf. Die dadurch hervorgerufene Veränderung des Büttenniveaus wird durch den pneumatischen Niveauregler dem Leitgerät gemeldet und seine Zuflußmenge verändert. Gleichzeitig werden die Proportionsregler angesprochen, die wiederum die proportionalen Veränderungen der übrigen Komponenten vornehmen. Die Dosierung der relativ geringen Farbmengen erfolgt durch entsprechende Dosierpumpen.

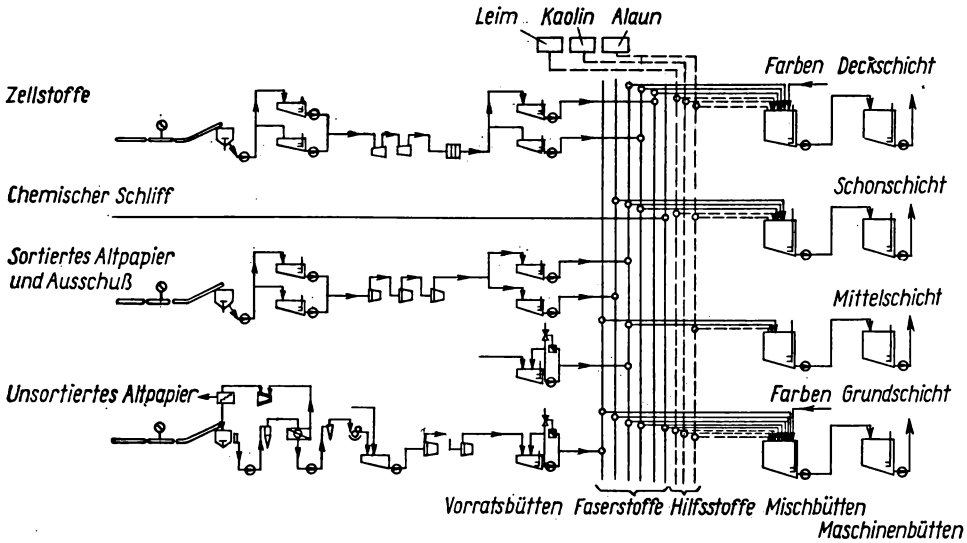


Bild 122. Aufbereitung für einen Vierschichtenkarton

Um die Vielfalt der Schaltmöglichkeiten und Formen zu dokumentieren, soll zum Abschluß noch eine Anlage zur Herstellung von einseitig- und maschinenglattem Duplex-, Triplex- und Chromoersatzkarton geschildert werden. Bild 122 zeigt zunächst das Prinzipschaltbild einer derartigen Anlage, aus dem hervorgeht, daß auf diesem Wege eine zweckentsprechende und der Eigenart der einzelnen Faserstoffe entsprechende Behandlung möglich ist. Das Schaltbild zeigt weiterhin sehr instruktiv die Möglichkeit der Mischung der einzelnen Komponenten zu den Ganzstoffen der einzelnen Kartonschichten. Sehr übersichtlich und verständlich wird im Bild 123 die Aufbereitung von unsortiertem Altpapier einerseits und Zellstoff andererseits veranschaulicht. Wie aus dem Schaltbild ersichtlich ist, erfolgt bei der Aufbereitung des unsortierten Altpapiers zunächst eine Erfassung der benötigten Massen und die Zuführung zum Stofflöser über ein Transportband. Dem Stofflöser, in dem die Grobreinigung mittels Zopfwinde und Schmutzschleuse erfolgt, sind zunächst Großzyklone zur Grobreinigung von Schwerteilen nachgeschaltet. Der so vorgereinigte Stoff passiert anschließend zwei Rundsortierer, in denen die noch vorhandenen großen Stippen und schwimmenden Bestandteile ausgeschieden werden. Die Feinreinigung erfolgt im Anschluß daran mit einer Stoffdichte von 0,5 % in Wirbelschleudern. Der aus den Rundsortierern ausgeschiedene Grobstoff passiert zunächst eine gegenläufige Hydromühle I, in der eine Zerfaserung der Stippen erfolgt, um anschließend in einem Plansortierer von den Nichtfaserbestandteilen getrennt zu werden. Der Rücklauf des Gutstoffes erfolgt in die Stoffleitung vor den Großzyklonen. Um eine gleichmäßige Beaufschlagung der Großzyklone, der Rohrschleudern und auch der Rundsortierer zu gewährleisten, werden erstere mit Auslaufdruck- und letztere mit Zulaufdruckregelung ausgerüstet. Der fein gereinigte Stoff wird auf zwei Eindickern auf etwa 6 % entwässert und in einer Propellerbütte mit Niveauanzeige gestapelt. Aus dieser Bütte wird der Stoff der Stapelbütte in der Stoffaufbereitung

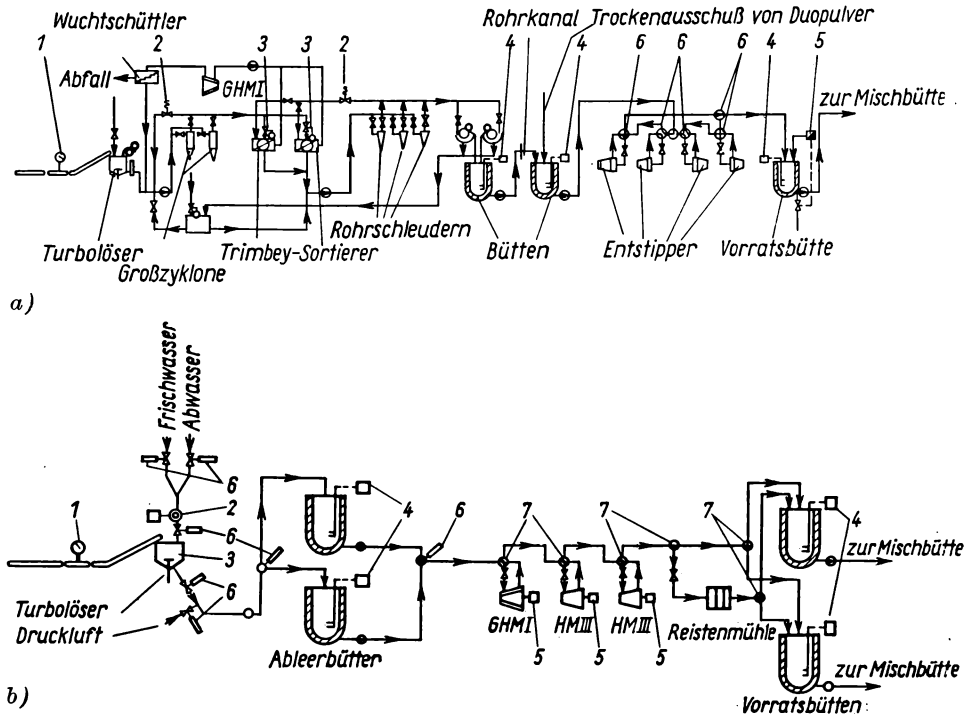


Bild 123. Aufbereitung von Altpapier und Zellstoff einschließlich der Meß- und Steuerstellen

a) Altpapier

(*1*) Massekontrolle, (*2*) Auslaufdruckregelung für Großzyklon und Rohrschleuder, (*3*) Zulaufregelung für Sortierer, (*4*) Niveauanzeiger, (*5*) Stoffdichteregelung, (*6*) Ventilstellungsfernanzeige

b) Zellstoff

(*1*) Eingangskontrolle, (*2*) Frisch- und Abwasserdosierung, (*3*) Stofflöser-Zeitautomatik, (*4*) Niveauanzeiger, (*5*) leistungsabhängige Einstellung des Kegels, (*6*) ferngesteuerte Ventile und Schieber, (*7*) handbetätigte Mehrwegventile mit Fernanzeige

zugepumpt und von dort über Entstipper, die jeweils paarweise hintereinandergeschaltet sind, der Vorratsbütte zugeleitet. In dieser Bütte erfolgt dann auch die Dichteregelung. Die Beanspruchung der einzelnen Entstipper wird durch Ventilstellungs-Fernanzeige überwacht. Die Auflösung des Zellstoffes im Stofflöser wird mit Programm gesteuert. Zu diesem Zweck ist das Zuführband mit Bandwaage, der Stofflöser mit Frisch- und Abwasserdosierung und Stofflöserautomatik ausgerüstet. Das Ableeren des Stoffes erfolgt je nach Sorte in eine der beiden mit Niveauanzeige ausgerüsteten Propellerbütten. Aus den Ableerbütten wird der Stoff ohne Zwischenstapelung zunächst über eine gegenläufige Hydromühle I zur Entstippung und anschließend über zwei Hydromühlen Größe III zur Mahlung geleitet. In einer nachgeschalteten Reisten-Faserstoffmühle erfolgt dann die Fertigmahlung des Stoffes. Die Stapelung wird in gesonderten Bütten vorgenommen. Die Hydromühlen sind mit leistungsabhängiger Kegelfernverstellung ausgerüstet. Die in die Mühlen- und Büttenleitungen eingebauten Ventile sind handbetätigte Mehrwegventile mit Fernanzeige.

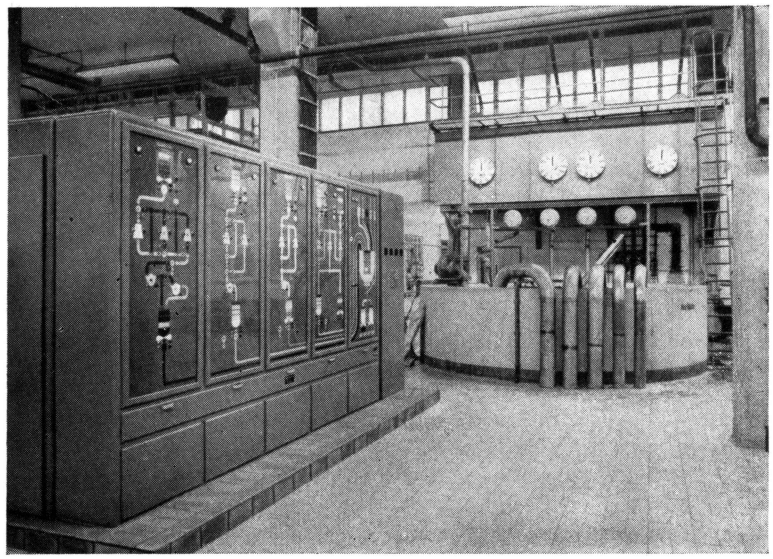


Bild 124. Schaltwarte mit Mischbütte

Die Mischung der Stoffkomponenten und der Hilfsstoffe erfolgt diskontinuierlich in Mischbütten. Für die Mischung sind stehende Mischbütten vorgesehen, die mit Umwälzpropellern, die verstellbare Flügel haben, ausgerüstet sind. Die Zuführung der einzelnen Faserstoffkomponenten erfolgt über ferngesteuerte Dreiwegventile. Damit werden die entsprechenden Vorratsbütten auf die Mischbütten geschaltet. Der gesamte Mischvorgang wird auf einem Programmregler vorgewählt und läuft dann automatisch in folgender Reihenfolge ab: Zunächst werden die Faserstoffe aus den Stapelbütten durch Niveausteuerung dosiert. Im Anschluß daran folgen die Hilfsstoffe und zuletzt das erforderliche Verdünnungswasser. Wenn der Mischvorgang entsprechend der eingestellten Zeit beendet ist, erscheint das Signal „Ableerbereitschaft". Durch das Anlassen der Ableerpumpe wird der Stoff der Maschinenbütte zugepumpt.
Bild 124 zeigt eine zentrale Schaltwarte in einer modernen Stoffaufbereitung mit einer vollautomatisch gesteuerten Mischbütte im Hintergrund. Über der Mischbütte sind die Dosierbehälter für die Hilfsstoffe angeordnet, unter denen man deutlich die Impulszähler erkennt. Die Schaltwarte umfaßt vier getrennte Mahlstränge und im hinteren Feld das Leuchtschaltbild für den Mischvorgang.

9.1. Konstanter Teil

Der konstante Teil einer Kartonmaschine umfaßt alle diejenigen Maschinen und Aggregate, die unmittelbar zur Maschine gehören, aber nicht durch den Regelantrieb derselben erfaßt werden. Dazu gehören insbesondere die Maschinenbütten, die Stoffwege von diesen einschließlich der Dichteregelung, Verdünnung, Pumpen, Knotenfänger, Feinreinigung und Egalisierung bis zur Verteilung auf die einzelnen Siebe. Der von den Maschinenbütten kommende Ganzstoff wird den Sieben auf unterschiedlichen Stoffwegen zugeführt. Diese sind von der eventuell notwendigen Nachbehandlung des Stoffes abhängig. Eine Bedingung muß aber in einer modernen Anlage immer beachtet werden, und zwar die Regelung der die Grundvoraussetzung für die Zugabe der richtigen Verdünnungswassermenge bildenden und damit der Erreichung einer stets gleichbleibenden Auflaufkonsistenz dienenden Stoffdichte. Diese ist wiederum Vorbedingung für die Einhaltung einer gleichmäßigen Masse je Flächeneinheit der einzelnen Kartonlagen und des Gesamterzeugnisses.
Wie bereits angedeutet, werden die einzelnen Schichten unterschiedlich aufgearbeitet. Das soll anhand eines Beispieles erläutert werden. Bild 125 zeigt den Stofflauf für eine auf einem Langsieb zu fertigende Decke und den der Einlage auf einem Rundsieb bei einer kombinierten Langsieb-Rundsieb-Maschine.

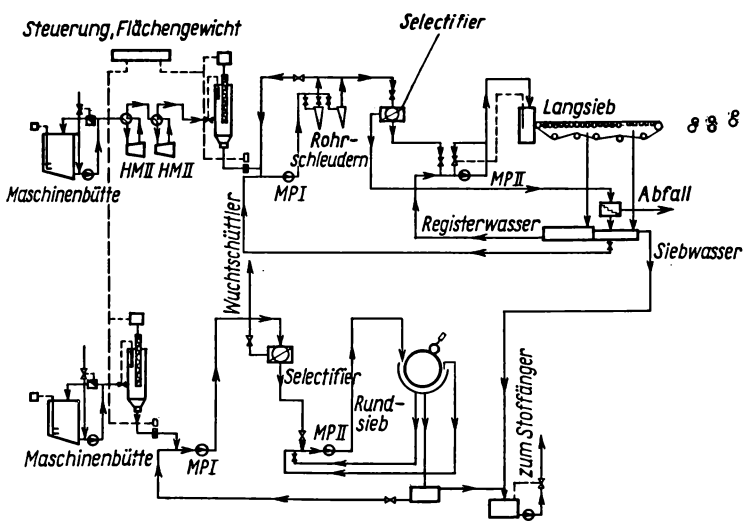


Bild 125. Stofflauf einer kombinierten Langsieb-Rundsiebpartie

Der Deckenstoff wird mittels Büttenpumpe aus der Bütte entnommen und dabei im Teilstrom dichtegeregelt. Mit dieser Feinregelung der Stoffdichte wird die Voraussetzung dafür geschaffen, daß die Wasserdosierung im Mengenmesser exakt erfolgen kann. Anschließend wird der Stoff auf zwei hintereinandergeschalteten Hydromühlen Größe II egalisiert bzw., sofern erforderlich, gemahlen. Entscheidend für eine Mahlung oder nur Egalisierung des Stoffes ist der Abstand zwischen den Grundwerks- und Kegelmessern. Bei Einstellung eines weiten Abstandes wird der Stoff nur gebürstet und aufgeschlagen. Ist dagegen der Kegel an das Grundwerk angestellt, so erfolgt eine Mahlung. Der Stoff wird anschließend dosiert und in der Mischung auf 0,7 % Stoffdichte mit Deckenrückwasser verdünnt. Mit dieser Konsistenz wird er in den nachgeschalteten Rohrschleudern und zuletzt im Selektifier-Screen feingereinigt. Der im letzteren anfallende Spuckstoff wird automatisch ausgetragen und auf einem Plansortierer nachgereinigt. Während der Schmutzstoff ausgeschieden wird, geht der Gutstoff in das Siebwasser und verbleibt so im Kreislauf. In der Mischpumpe II erfolgt eine weitere Verdünnung des Stoffes auf Auflaufkonsistenz, die ebenfalls mit dem Abwasser des Langsiebes erfolgt. Die als Mischpumpen verwendeten Rohrbogen-Propellerpumpen lassen eine Konsistenzregelung in weiten Grenzen zu. Zu diesem Zweck sind die Pumpen entweder mit regelbaren, läufergespeisten Drehstrom-Kommutator-Motoren ausgerüstet, oder die Propellerflügel sind während des Laufes verstellbar. Letztere Konstruktion ist zweifellos vorteilhafter für die Betriebe. Die Stoffzuführung zum Hochdruckstoffauflauf wird von einem nach der Pumpe eingebauten Regelventil gesteuert. Dieses Ventil, das im Bypass geschaltet ist, wird vom Niveau im Stoffauflauf beeinflußt. Durch diese Schaltung wird die Stauhöhe im Auflaufkasten stets gleichmäßig gehalten.
Die Stoffzuführung zum Rundsieb der Einlage erfolgt in gleicher Form, wie es bei der Deckenstofführung bereits beschrieben wurde. Die Verdünnung in der Mischpumpe I erfolgt aber hier auf 0,8 % mit Rundsiebabwasser aus den Einlagerundsieben. Zur Reinigung des Stoffes sind ebenfalls Selektifier-Screens vorgesehen. Der hier ausgeschiedene Spuckstoff wird einem Wuchtschüttler zur Nachsortierung, der aussortierte Gutstoff dem Gautschbrucheindicker und von dort der Stapelbütte für unsortiertes Altpapier zugeleitet. Vor dem Auflauf in den Rundsiebkasten erfolgt eine weitere Verdünnung des Stoffes in der Mischpumpe II, die ebenfalls als Rohrbogen-Propellerpumpe ausgebildet ist. Von hier erfolgt dann die Zuführung zum Rundsieb, in dem die Stauhöhe durch Überlauf geregelt wird.

9.2. Kartonmaschinen

9.2.1. Rundsiebmaschine

9.2.1.1. Rundsieb

Es gibt eine oft vertretene Meinung, daß das Arbeiten mit einer Rundsiebmaschine gegenüber dem mit der Langsiebmaschine wesentlich weniger Schwierigkeiten bereitet, da es bei mehrlagigen Pappen und Kartons nicht auf gute Durchsicht und gleichmäßige Blattbildung ankommt. Diese Ansicht herrscht deshalb, weil man der Meinung ist, daß durch die vielen aufeinander auflaufenden Lagen ein Ausgleich der Unebenheiten geschaffen und dadurch trotzdem ein gleichmäßiges Erzeugnis erzielt

wird. Dieser Standpunkt läßt sich wohl zum gewissen Grade dort vertreten, wo die Pappen für Erzeugnisse verwendet werden, bei denen gewisse Ungleichmäßigkeiten keine Rolle spielen. Selbstverständlich kommt es bei den Pappensorten nicht auf Durchsicht an. Demgegenüber ist es aber unbedingt notwendig, daß bei allen und ganz besonders bei den hochwertigen Sorten, wie Chromoersatzkarton, Faltschachtelkarton sowie Ziehkarton, also solchen Sorten, die auf Automaten verarbeitet werden, großer Wert auf gleichmäßige Dicke über die gesamte Bahnbreite gelegt werden muß. Ganz besonders wichtig ist das auch bei Spezialpappen, an die sehr hohe Anforderungen gestellt werden. Dazu gehören Preßspan und Matrizenpappen. Es ist deshalb notwendig, daß auf die Fragen der Blattbildung auf dem Rundsieb, die Trog- und Zylinderkonstruktionen und alle damit im Zusammenhang stehenden Fragen näher eingegangen wird.

Rundsiebzylinder

Um ein gutes und gleichmäßiges Blatt bilden zu können, kommt es ganz besonders darauf an, daß der Rundsiebzylinder so gebaut ist, daß eine unerwünschte Stoffwirbelung, die durch den Lauf des Zylinders entstehen kann, weitgehend vermieden wird bzw. überhaupt nicht auftritt. Eine Wirbelung wirkt sich um so drastischer aus, je schneller der Zylinder läuft. Dabei spielt die Form der Rundsiebstäbe und der Tragkreuze bzw. Speichen eine ganz besondere Rolle, weil diese die Hauptursache zur Wirbelbildung sind. Eine ähnliche Wirkung können auch die Zuganker ausüben, mit denen die Versteifung des Zylinders gegen die Welle erfolgt. Durch ungeeignete Rundsiebstäbe tritt insofern ein großer Nachteil ein, als dadurch dem Stoffwasser der Weg durch das Sieb verlegt wird. Durch eintretende Wirbelbildung wird eine wesentliche Beeinträchtigung der Blattbildung hervorgerufen. Wie sich die Wirbelbildung auf die Blattbildung auswirkt, wird im Bild 126 deutlich erläutert. Die mit 1 bis 4 bezeichneten Kammern zeigen die Wirbelbildung bei langsamem Lauf, die mit 5 bis 8 bezeichneten bei schnellerem Lauf eines Zylinders. Durch die Bildung von Wirbeln entstehen zerstörte Blattstellen, die erst kurz vor dem Austritt des Siebes aus der Stoffsuspension, und zwar auf der Strecke zwischen dem Stoffspiegel und dem Abwasserspiegel nur zu einem geringen Teil wieder ausgeglichen werden. Damit bleiben aber trotzdem Ungleichmäßigkeiten im Blatt. Das hat zur Folge, daß Schwankungen der Masse je Flächeneinheit über die gesamte Bahnbreite auftreten, die sehr erheblich sein können. Diese Ungleichmäßigkeiten rufen auch eine ungleichmäßige Pressung in der Vorpressen- und Naßpressenpartie hervor. Dadurch treten unterschiedliche Trockengehalte über die Bahnbreite ein, was zu einer unterschiedlichen Trocknung

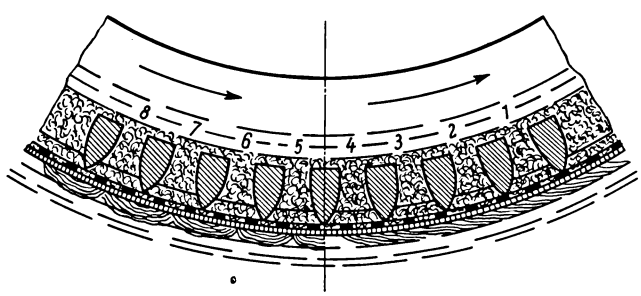


Bild 126. Stoffwirbelung im Rundsieb

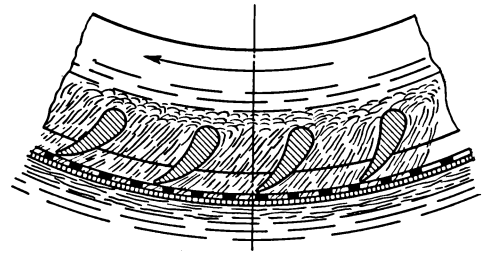


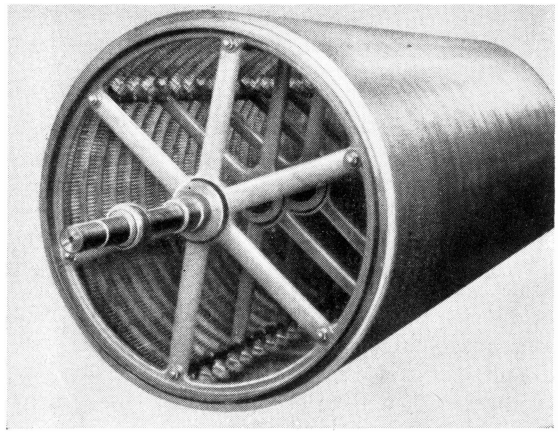
Bild 127. Schaufelförmiger Rundsiebstab

auf der Trockenpartie führt und endlich auch keine einwandfreie Glättwerksarbeit gestattet. Eine Rundsiebkonstruktion, die sich gut bewährt hat, ist die im Bild 127 gezeigte, die mit einem schaufelförmig ausgebildeten Rundsiebstab versehen ist. Dieser Stab wird so eingebaut, daß die Spitze dem stärkeren Oberteil vorauseilt. Dadurch wird das Stoffwasser wirbelfrei abgeführt, und es erfolgt damit eine gleichmäßige Stoffaufnahme.

Die Durchmesser der Rundsiebzylinder sind nicht präzis festgelegt. Man findet heute noch Rundsiebzylinder, deren Durchmesser sich in den Grenzen von 1000···1500 und sogar 1800 mm bewegen. Die Wahl des Durchmessers eines Zylinders ist abhängig von dem Stoff, der auf ihm verarbeitet wird. Bei der Verarbeitung röscher Stoffe kann mit geringerem Durchmesser gearbeitet werden, als das bei Stoffen mit schmierigem Charakter der Fall ist. Verwendet man in letzterem Falle einen Zylinder mit zu kleinem Durchmesser, so besteht die Gefahr, daß die Stoffbahn infolge ungenügender Entwässerung beim Auftauchen aus der Suspension vom Sieb abrutscht oder abrollt und dadurch eine völlig ungenügende Blattbildung entsteht. Deshalb ist vor der Festlegung des Zylinderdurchmessers absolute Klarheit über den Charakter des zu verwendenden Stoffes zu schaffen.

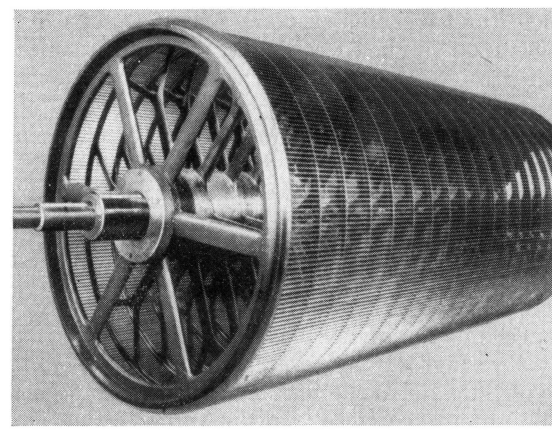
Das Bild 128 zeigt drei typische Vertreter von Rundsiebzylindern, und zwar einen Langsamläufer a), der noch die alte Konstruktion deutlich erkennen läßt. Demgegenüber verfügt der Zylinder b) neben schaufelförmigen Stäben auch noch über Zuganker, die zur Welle hin versetzt sind. Eine neuere Konstruktion ist der rechts im Bild unter c) gezeigte „Drothmann-Zylinder", der heute vor allem in den Maschinen zu finden ist, die mit einer hohen Geschwindigkeit arbeiten sollen. Dieser Zylinder besteht aus einer Anzahl von Ringen, die durch profilierte Längsverstärkungen miteinander verbunden sind. In den Schlitzen ruhen Längsstäbe, auf denen sich ein endloses, geripptes Band befindet, welches als Auflage für das Obersieb dient. Durch das Fehlen eines Unterlagsgewebes oder einer Unterlagsspirale entsteht eine größere freie Siebfläche, die gleichzeitig die Entwässerungsleistung des Rundsiebzylinders erhöht. Es ist aber zu beachten, daß man bei derartigen Rundsiebzylindern nur mit einem Liniendruck der Abnahmewalze von 10 kp/cm arbeiten kann, während man bei einem Speichenzylinder mit bis zu 18 kp/cm arbeitet. Die genannten modernen Rundsiebzylinder-Konstruktionen gestatten deshalb auch höhere Maschinengeschwindigkeiten, als das bei den älteren Bauarten der Fall gewesen ist. So werden heute bei Speichenzylindern bereits Maschinengeschwindigkeiten bis 120 m/min und bei dem „Drothmann"-Zylinder von 180 m/min bei einwandfreier Blattbildung erreicht.

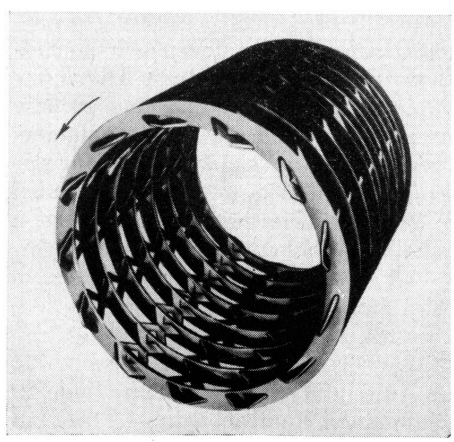
Eine weiterer Entwicklung zur Erhöhung der Rundsiebleistungen ist die Anwendung von Luftabsaugung aus dem Zylinder bzw. die Anwendung von Vakuum. Bild 129 zeigt ein Saugrundsieb. Es handelt sich hierbei um einen Rundsiebzylinder, bei dem



a)

b)





c)

Bild 128. Rundsiebzylinder-Konstruktionen

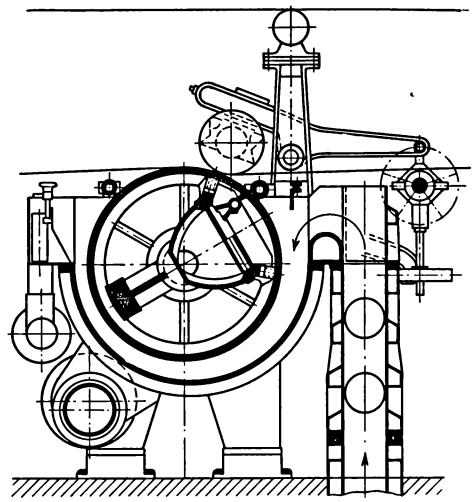


Bild 129. Vakuum-Rundsieb, Bauart Dörries

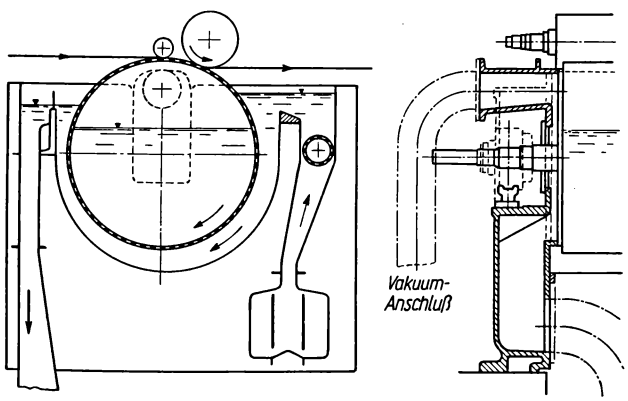


Bild 130. Vakuum-Rundsieb, Bauart Voith

der Innenraum bis auf einen kleinen Teil unter Vakuum steht. Der nicht vom Stoff bedeckte Teil, d. h. der Teil zwischen der Abnahmewalze und dem Eintauchpunkt des Rundsiebes in die Stoffsuspension, ist durch einen verstellbaren Kasten abdeckbar. Die durch das Vakuum eintretende höhere Reibung der Zylinderabdichtung erfordert allerdings einen besonderen Antrieb für jeden Zylinder innerhalb einer Rundsiebpartie. Diese Rundsiebkonstruktion eignet sich nicht besonders gut für die Verarbeitung von Altpapierstoffen, weil durch den hohen Anteil von kurzen Fasern und Fasertrümmern eine ungleichmäßige Blattbildung entsteht. Als Vorteil ist es aber zu betrachten, daß bei Verwendung von Neufaserstoffen große Variationsmöglichkeiten in bezug auf die Stoffaufnahme gegeben sind, die entsprechend der Faserlänge, des Mahlungsgrades und der Stoffverdünnung zwischen 20 und 200 g/m² liegen.
Bild 130 zeigt ein Vakuum-Rundsieb der Bauart Voith. Bei diesem Rundsieb wird der hydrostatische Druck durch Evakuieren des Zylinderinneren um etwa 100 mm WS erhöht.

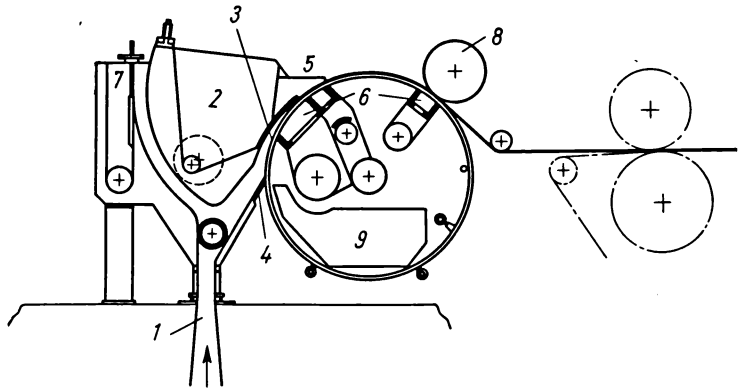


Bild 131
Rotoformer
(Querschnitt)

Das herkömmliche Rundsieb ist aber den steigenden Anforderungen der zunehmenden Arbeitsgeschwindigkeiten und dem gleichzeitigen Bestreben nach immer höheren Qualitäten der zu erzeugenden Kartonsorten nicht mehr gewachsen. Das drückt sich besonders darin aus, daß die Masse je Flächeneinheit besonders über die Bahnbreite nicht gleichmäßig und darüber hinaus die Blattfestigkeit ungenügend ist. Diese Tatsache ist bedingt durch die Konstruktion des Rundsiebtroges und des Rundsiebes selbst, sowie die dadurch nicht beherrschbaren und steuerbaren Strömungsvorgänge bei der Blattbildung. Eine Verbesserung der Rundsiebarbeit ist nur dadurch möglich, daß von dem bekannten Trog abgegangen wird und der Siebzylinder nicht mehr mit dem größten Teil seines Umfanges im Stoff waten muß. Durch die Beaufschlagung des Siebes mit der Stoffsuspension auf einem relativ kurzen Teil seines Umfanges lassen sich die bisherigen Mängel weitgehend einschränken. Durch die bewußte Steuerung kann die Blattbildung und damit die Blattfestigkeit beeinflußt werden. Zu diesen Neuentwicklungen gehört zunächst der im Bild 131 in seinem Arbeitsprinzip gezeigte Rotoformer. Der Vorteil dieser Rundsiebkonstruktion besteht darin, daß der Trog in Wegfall gekommen, die Blattbildung nur auf einem begrenzten Abschnitt des Rundsiebzylinders erfolgt und damit regelbar geworden ist. Der Rotoformer besteht in seinen Hauptteilen aus dem Stoffauflauf, einem speichenlosen Rundsiebzylinder und drei verstellbaren Saugkästen, von denen zwei unmittelbar nebeneinander angeordnet sind und direkt im Bereich der eigentlichen Blattbildungszone, die seitlich durch Teflondichtungen und nach oben, über die Maschinenbreite hinweg, durch eine Gummilippe abgedichtet ist, liegen. Der dritte Saugkasten ist unmittelbar unter der Gautsche angeordnet. Die Zuführung der Stoffsuspension erfolgt über einen Querstromverteiler zum Stoffauflauf (1). Durch einen in diesen eingebauten Stauregler (2) wird die Einstellung der Relativgeschwindigkeit zwischen Stoffsuspension und Siebzylinder und gleichzeitig die Länge der Blattbildungszone (3) eingestellt, die etwa 20 % der gesamten Rundsiebfläche einnimmt und in ihrer größten Länge etwa 45 cm beträgt. Die Einstellung der Länge der Blattbildungszone erfolgt durch Verstellen des Staureglers, indem die Gummilippe (5) gesenkt oder die Siebschürze (4) nach oben verschoben wird. Der Zutritt der Suspension zum Siebzylinder erfolgt über die Siebschürze (4). An dieser Stelle beginnt auch die Blattbildung. Der überflüssige Stoff fließt über den regelbaren Überlauf (7) ab. Während die erste Entwässerung durch freien Fall erfolgt, dienen die Saugkästen zum weiteren

Wasserentzug. Durch Einstellung des Unterdrucks in den Saugkästen kann die Blattbildung unmittelbar beeinflußt werden. Bei dem Rundsiebzylinder handelt es sich nicht um einen solchen üblicher Bauart, sondern er besteht aus einem gelochten Mantel, der mit einem Siebtuch aus nichtrostendem Material überzogen ist. Die Reinigung des Siebes erfolgt mittels Spritzrohren, die innen und außen angeordnet sind. Die Anpreßwalzen, man verwendet für besondere Fälle auch zwei derselben, werden zur Verdichtung der Bahn und zur Unterstützung der Entwässerung durch den darunter liegenden Saugkasten eingesetzt. Die Bahnabnahme erfolgt unmittelbar nach der letzten Anpreßwalze durch den Transportfilz entweder durch Abgautschen oder durch Zublasen. Der Kraftverbrauch eines Rotoformers wird mit 2,4 PS bei 30 min^{-1} und etwa 6 PS bei 150 min^{-1} angegeben. Der Einsatz von Rotoformern beseitigt also weitgehend die Schwächen der herkömmlichen Rundsiebtröge, gestattet eine beeinflußbare Blattbildung und spart außerdem Platz. Bild 132 zeigt die Anordnung von drei Rotoformern in einer Kartonmaschine anstelle von bisher 5 normalen Trogrundsieben.

Der im Bild 133 gezeigte „Stevensformer" besteht aus einem Rundsiebzylinder, der in einem, unter Unterdruck stehenden, Trog läuft, in dem sich kein Siebwasser befindet, weil dasselbe sofort abgezogen wird. Über ein Zuleitungsrohr tritt die Suspension in einen druckluftgesteuerten Stoffauflauf ein, in dem zwei Lochwalzen für den Strömungsausgleich sorgen. Der Zutritt zum Siebzylinder erfolgt zwischen der Unterlippe (1) und der Oberlippe (2), die der Krümmung des Siebzylinders angepaßt ist. Die Blattbildungszone beträgt etwa 20 % des Zylinderumfangs. Die Oberlippe ist verstellbar, so daß die gewünschte Masse je Flächeneinheit genau eingestellt werden kann. Das Abgautschen der Faserstoffbahn erfolgt mittels Anpreßwalze, deren Abstand von der Oberlippe etwa auch 20 % des Zylinderumfanges beträgt, an den Abnahmefilz. Nach Literaturangaben [67] können mit solchen Maschinen Geschwindigkeiten bis 400 m/min erzielt werden.

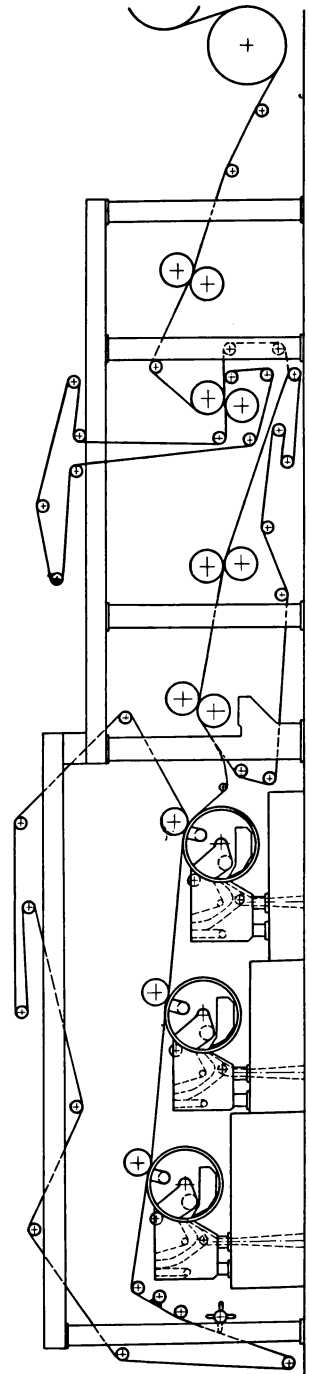


Bild 132. Rotoformer – Anlage in einer Kartonmaschine

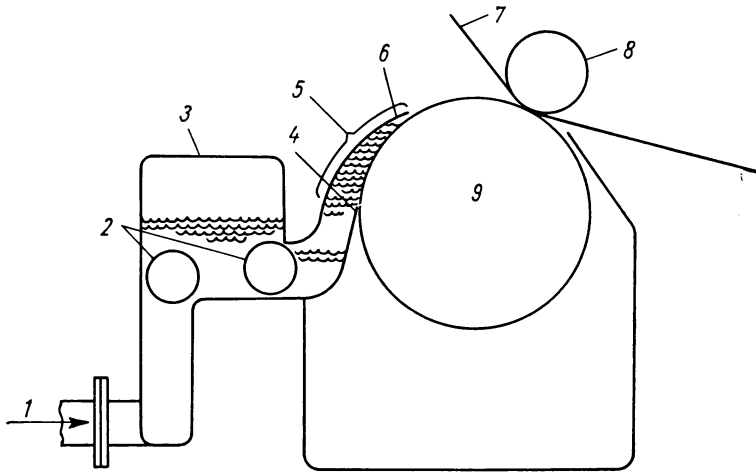


Bild 133
Stevensformer
(1) Stoffzulauf,
(2) Lochwalzen,
(3) Stoffauflauf (druckluftgesteuert),
(4) Unterlippe,
(5) Blattbildungszone,
(6) Oberlippe,
(7) Filz,
(8) Abnahmewalze,
(9) Rundsiebzylinder

Rundsiebtrog

Auf die Blattbildung haben aber nicht nur die bisher erwähnten Komponenten einen Einfluß, sondern auch die Bauart des Troges und des eigentlichen Siebzylinders spielen dabei eine nicht zu unterschätzende Rolle. Grundsätzlich unterscheidet man zwei Arten von Trögen, und zwar den Gegenstrom- und den Gleichstromtrog. Beim Gegenstromprinzip tritt der Stoff entgegen der Drehrichtung des Siebzylinders in den Trog ein. Das heißt also, daß die Stoffsuspension dort eintritt, wo der Siebzylinder aus der Stoffsuspension auftaucht. An dieser Stelle ist das Blatt auf dem Siebzylinder bereits gebildet, d. h., die Blattbildung wird durch die Relativgeschwindigkeit Stoffsuspension-Siebzylinder nicht beeinflußt und erfolgt praktisch bei ruhender Suspension. Da die Blattbildung bereits vor dem Stoffeinlauf begonnen hat, werden durch das vorhandene Faservlies im wesentlichen Feinstoffanteile aus der Suspension aufgenommen. Durch die praktisch eintretende Trennung in Lang- und Feinstoff erfolgt auch eine nacheinander folgende Aufnahme. Die langen Faserbestandteile konzentrieren sich dagegen am Eintauchpunkt des Siebzylinders und werden dann dort zuerst aufgenommen. Die zulaufende Stoffsuspension hält den Troginhalt stets auf einer bestimmten Konsistenz, wodurch ein Eindicken vermieden wird. Diese soeben geschilderte Arbeitsweise beim Gegenstromprinzip ermöglicht ein Arbeiten mit hohen Massen je Flächeneinheit, was allerdings bis zum gewissen Grade zu Ungleichmäßigkeiten im Blatt selbst führt. Aus diesem Grunde setzt man diese Siebe bei Mehrrundsiebmaschinen zur Herstellung der Einlageschichten ein.

Beim Gleichstromprinzip strömt die Stoffsuspension an der Eintauchstelle des Siebzylinders in den Kasten ein, d. h., Stoff und Siebzylinder bewegen sich in einer Richtung. Bei dieser Konstruktion spielt allerdings die Relativgeschwindigkeit eine große Rolle. Man rüstet diese Tröge deshalb mit einer Überlaufvorrichtung aus, an der die Überlaufmenge einstellbar ist. Um eine gleichmäßige Trogkonsistenz zu erhalten und ein Eindicken des Stoffes zu vermeiden, läßt man etwa 50···60 % der zugeführten Suspensionsmenge umlaufen. Eine weitere Möglichkeit, um das Eindicken zu verhindern, ist der Einbau von Taumelscheiben im Stoffauflauf. Somit erfolgt also die Blattbildung im Gegensatz zum Gegenstromprinzip im sich bewegenden Medium.

Infolge des Auftreffens der eintretenden Stoffsuspension auf die freie Siebfläche und dadurch, daß anfangs eine sehr schnelle Entwässerung stattfindet, weil der Abwasserspiegel innerhalb des Siebzylinders niedriger ist als der Stoffsuspensionsspiegel, wird, hervorgerufen durch die geringe Stoffkonzentration am Auflauf, ein besonders aus Feinstoff bestehendes Blatt gebildet. Dieses Blatt reichert sich beim Durchlauf durch die Stoffsuspension vor allen Dingen mit langen Fasern an. Wie bereits erläutert, treten diese Erscheinungen beim Gegenstromprinzip in umgekehrter Form auf. Durch die geschilderten Erscheinungen wird erklärlich, daß es bei dem Rundsieb immer eine Zweiseitigkeit geben wird, und zwar in der Form, daß sich beim Gegenstromprinzip die langen Fasern und beim Gleichstromprinzip die feinen Fasern auf der Siebseite befinden. Diese Tatsache der Zweiseitigkeit muß bei der Herstellung von mehrlagigem Karton beachtet werden.

Beim Zusammengautschen röscher und schmieriger Bahnen entstehen infolge des unterschiedlichen Entwässerungsverhaltens beim Durchgang durch die Pressen Blasen, die eine Ursache zum Ablösen einzelner Stellen in der Trockenpartie und zur Bildung von Blasen sind. Das führt zum Spalten der Pappen. Gegenüber den älteren Rundsiebtrögen verfährt man heute bei der Herstellung derselben bereits so, daß man sie innen ausdreht und mit Kupferblech auslegt, damit möglichst gleiche Abstände zwischen Siebzylinder und Trogwand erreicht werden. Einen sehr wesentlichen Einfluß auf die Stoffverteilung hat die Zuführung der Stoffsuspension in den Trog. Gegenüber den bisher verwendeten Siphon- und Staulattenzuläufen, die zu Unzulänglichkeiten führten, verwendet man bei modernen Rundsiebtrögen Formen der Stoffzuführung, die eine gute Gleichmäßigkeit garantieren. So findet man an sehr vielen Maschinen den sogenannten „Querstromverteiler".

Die Stoffzuführung zu diesem Querstromverteiler erfolgt von der Mischpumpe über ein Hosenrohr, so daß die Stoffsuspension von beiden Seiten eintritt, sich auf die gesamte Breite verteilt und dabei einer nochmaligen Mischung unterworfen wird. Gleichzeitig steigt die Stoffsuspension in voller Auflaufbreite von unten in dem Verteiler an. Näheres hierüber wird unter Ziffer 9.2.2.1. gesagt.

Da die Regulierung des Stoffzulaufes trotzdem sehr leicht Schwankungen unterliegt, sieht man zusätzlich Reguliereinrichtungen im Stoffzulauf und -einlauf vor. Dazu gehört einmal der Einbau eines Schlitzes innerhalb des Stoffauflaufs. Dieser Schlitz wird durch zwei über die gesamte Auflaufbreite angeordnete Bleche gebildet. Von diesen Blechen ist das eine auf der Führer- und Triebseite durch Schlitzschrauben verstellbar, so daß eine Querschnittsänderung eintritt. Dadurch kann die Zulaufmenge auf der einen bzw. anderen Seite des Stoffauflaufs verändert werden.

Eine weitere Reguliereinrichtung stellen die sogenannten „Scheren" dar, die direkt am Stoffeinlauf zum Rundsiebtrog angeordnet sind. Diese „Scheren" sind in der Mitte des Stoffeinlaufes an einem gemeinsamen Punkt drehbar gelagert und auf Führer- und Triebseite mittels Spindeln heb- und senkbar. Durch die mögliche Veränderung des Einlaufquerschnittes ist eine weitere Zulaufregulierung möglich.

Antrieb der Rundsiebe

Bei den herkömmlichen Mehrrundsiebmaschinen war es üblich, die einzelnen Rundsiebzylinder nicht gesondert anzutreiben. Die Zylinder liefen im Filzzug des Abnahmefilzes, der durch die Rundsiebgautsche gezogen wurde. Dadurch trat für den Abnahmefilz neben seiner eigentlichen Aufgabe eine hohe Zugbeanspruchung ein. Das er-

forderte bei den großen, bei diesen Maschinen notwendigen Filzlängen starke Filze mit großen Festigkeiten. Die hohen Belastungen führten außerdem zu hohen Filzverbräuchen. Wenn diese Art des Zylinderantriebes auch bei den sogenannten Langsamläufern, also Maschinen, die mit Arbeitsgeschwindigkeiten von 30···70 m/min und Leistungen von 10 bis maximal 20 t/m Arbeitsbreite und Tag arbeiteten, möglich war, so ist dies bei modernen Maschinen, die mit Filzlängen bis zu 85 m arbeiten, nicht mehr vertretbar. Moderne Rundsiebmaschinen laufen heute bereits mit Arbeitsgeschwindigkeiten, die zwischen 120 und maximal 180 m/min liegen, wobei Leistungen von 30···50 t/m Arbeitsbreite und Tag erreicht werden. Hinzu kommt, daß sich auch die Maschinenbreiten wesentlich vergrößert haben. Während man früher mit Arbeitsbreiten von maximal 2100 mm rechnete, liegen diese heute zwischen 3000 und 5000 mm. Weiterhin wird der Lauf des Rundsiebzylinders durch die Verwendung eines mehr oder weniger hohen Vakuums erschwert. Aus den genannten Gründen ist man bei modernen Maschinen in den letzten Jahren immer mehr dazu übergegangen, die Rundsiebzylinder mit eigenem Antrieben auszurüsten. Man findet heute Maschinen, bei denen jedes Rundsieb mit einem eigenen Antrieb versehen ist, und solche, bei denen z. B. von sieben Rundsieben nur zwei oder drei über einen eigenen Antrieb verfügen. Zweckmäßig ist es auf jeden Fall, bei den heute verwendeten Arbeitsbreiten jeden Zylinder mit eigenen Antrieb auszurüsten. In diesem Falle ist aber auf absoluten Gleichlauf der Rundsiebe unter sich und der Rundsiebpartie mit den übrigen Gruppen der Maschine zu achten. Das ist deshalb wichtig, weil durch unterschiedlichen Lauf unterschiedliche Beanspruchungen eintreten, die sich auf die Kartonbahn, die Filze und Siebe ungünstig auswirken.

Blattbildung

Zwischen der Blattbildung auf dem Langsieb und dem Rundsieb bestehen grundsätzliche Unterschiede. Es ist bekannt, daß beim Langsieb eine bestimmte Fasermenge durch den Stoffauflauf auf das Sieb aufgebracht und damit die Masse je Flächeneinheit eindeutig fixiert ist. Anders ist das beim Rundsieb. Während der Drehung des Siebzylinders in der Stoffsuspension lagern sich Fasern an dem Sieb an. Diese Anlagerung beginnt bereits in dem Augenblick, in dem der Siebzylinder, nach Abnahme der Bahn durch den Abnahmefilz, wieder in die Stoffsuspension eintaucht. Dabei setzen die auf dem Sieb abgelagerten Fasern dem Abfluß des Wassers einen Widerstand entgegen und rufen dadurch eine Höhendifferenz zwischen dem Suspensionsspiegel und dem Abwasserspiegel innerhalb des Rundsiebzylinders hervor. Die Größe der Differenz ist abhängig von der Stärke des Faserfilzes, dem Mahlungsgrad und dem Entwässerungsverhalten des jeweiligen Faserstoffes. Bei einem röschen Stoff wird der Unterschied geringer als bei einem schmierigen Stoff sein, wobei bei letzterem sogar die Gefahr besteht, daß bei zu großer Differenz zwischen beiden Wasserspiegeln eine starke Wellenbildung innerhalb des Rundsiebes eintritt, die zum Abspülen des bereits angelagerten Vlieses führen kann. Über die eigentlichen Vorgänge bei der Blattbildung und die verschiedenen Einflüsse auf dieselbe gibt es bisher sehr lückenhafte und wissenschaftlich wenig bewiesene Auffassungen. Das hat seine Ursache darin, daß man infolge der Konstruktion des Troges keinen Einblick in die Verhältnisse innerhalb desselben während der Blattbildung hat bzw. die Strömungsverhältnisse auch nicht steuer- oder beherrschbar sind. Um eine möglichst gute Verteilung der Fasern und damit auch Gleichmäßigkeit der Blattbildung zu erreichen, erschien es ange-

bracht, mit möglichst niedriger Konsistenz zu arbeiten und die Stoffdichteschwankungen so gering als möglich zu halten. Auch die Relativgeschwindigkeit zwischen Sieb und der Stoffsuspension hat einen nicht unbedeutenden Einfluß auf die Qualität der Blattbildung. Es ist bekannt, daß, wenn sich die Suspension während des Blattbildungsprozesses mit höherer Geschwindigkeit bewegt als der Siebzylinder, ein gewisses Abspülen eintritt und damit ein ungleichmäßiges Blatt erzielt wird. Die Abspülung ist um so größer, je höher die Suspensionsgeschwindigkeit ist.
Man rechnet, daß die Geschwindigkeit des Stoffstroms etwa $^1/_3$ bis $^1/_2$ der Geschwindigkeit des Siebzylinders betragen soll [68]. Eine Regulierung der Stoffströmung ist dadurch möglich, daß man die Überlaufmenge am Rundsiebkasten reguliert und auch möglichst konstant hält. Üblicherweise arbeitet man mit Überlauf bei Gleichstromsieben. Man findet aber den Überlauf auch an Gegenstromsieben, allerdings in selteneren Fällen. Die Konstruktionen der Rundsiebtröge sollen dem Rechnung tragen, indem die Siebzylinder im Trog exzentrisch gelagert sind und dadurch die Suspensionsmenge zwischen Trogwand und Siebzylinder nach dem Auftauchpunkt hin immer mehr verringert wird. Dadurch wird auch vermieden, daß die Überlaufmenge von den durch das Sieb abfließenden Wassermengen beeinflußt wird.
Welche Verhältnisse bei der Blattbildung auf dem Rundsieb tatsächlich herrschen, haben erst in jüngster Zeit *Müller-Rid* und *Hombsch* [69] nachgewiesen, indem sie die Strömungsverhältnisse und die Blattbildung an einem Rundsiebzylinder, der in einem Plexiglastrog rotiert, studierten und in einem Farbfilm festhielten. Diese Erkenntnisse sollen hier zusammengefaßt dargelegt werden, weil sie umfangreiche Klarheit in die bisher unklaren Vorstellungen bringen. Die Verfasser stellen als grundsätzliches Ergebnis fest, daß die Blattbildung auf dem Rundsieb sehr stark durch die unterschiedliche Geschwindigkeit des Siebzylinders und der Stoffsuspension beeinflußt wird, indem hierdurch ein Wiederabwaschen des bereits gebildeten Blattes erfolgt, das mit zunehmender Blattbildung und Verringerung der durch das Vlies hindurchtretenden Filtratmenge zunimmt. Daraus ergibt sich, daß die Blattbildung nicht über die gesamte, in die Suspension eintauchende Zylinderfläche erfolgt, sondern nur auf einen gewissen Teil derselben beschränkt ist. Bild 134a und b erläutern die Verhältnisse bei den beiden bekannten Rundsiebkonstruktionen sehr eindeutig. Die bei dem Gegenstromrundsieb zulaufende Stoffsuspension bewegt sich anfangs sehr turbulent (a), beruhigt sich aber nach der Eintauchseite des Siebzylinders hin immer mehr. Da die Blattbildung bei dieser Konstruktion auf der Eintauchseite stattfindet, erfolgt dieselbe demzufolge in einer stark ausgeflockten Suspension (c). Unmittelbar in der Nähe der Sieboberfläche bildet sich eine Grenzschicht (b), die die gleiche Laufrichtung wie der Siebzylinder hat. Diese Grenzschicht richtet sich in ihrer Dicke nach der Konzentration und der Entwässerungsfähigkeit der Suspension sowie der Maschinengeschwindigkeit. Da aber auch nach Beendigung der Blattbildung eine Entwässerung erfolgt, ohne daß weitere Fasern angelagert werden, stellt sich dadurch eine höhere Stoffdichte in dieser Grenzschicht ein, als dies bei der zulaufenden Stoffsuspension der Fall ist. Dieser höher konzentrierte Stoffstrom läuft in Richtung der Siebdrehung bis zur Auftauchstelle mit, wird aber nicht vom Siebzylinder aufgenommen und mitgeführt, sondern kehrt um und vermischt sich mit der zulaufenden Suspension, wodurch auf der Eintauchseite Dichteerhöhungen eintreten. Diesen Dichteerhöhungen versucht man teilweise mit einem Überlauf an der Eintauchseite zu begegnen. Zwischen diesen beiden entgegengesetzt fließenden Strömen, die, wie gesagt, unterschiedlicher Konzentration sind, bilden sich instabile Grenzschichten, die

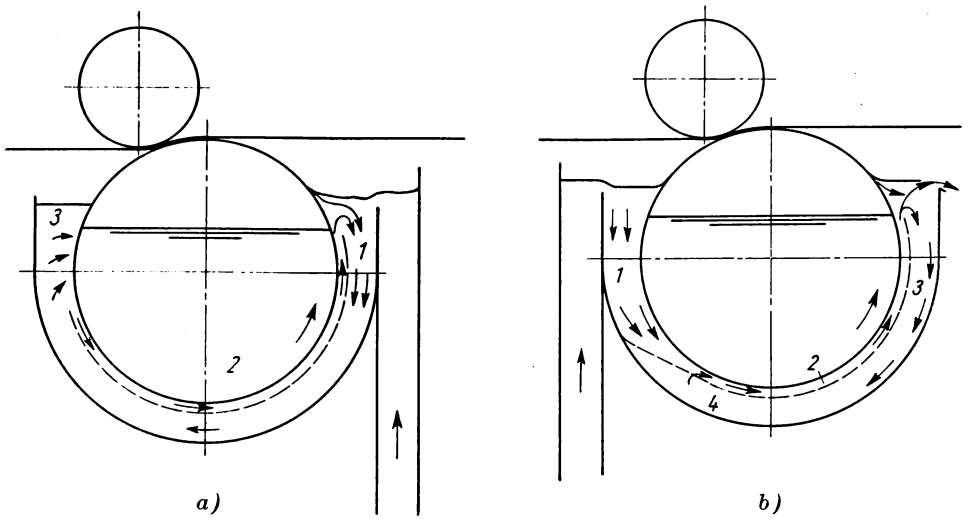


Bild 134. Blattbildungsvorgang

a) auf dem Gegenstromrundsieb

(*1*) stark turbulente Strömung, (*2*) schnelle Stoffströmung in der Grenzschicht, (*3*) stark ausgeflockter, eingedickter Stoff, geringe Bewegung

b) auf dem Gleichstromrundsieb

(*1*) stark turbulente Strömung, (*2*) schnelle Stoffströmung in der Grenzschicht, (*3*) langsame, wirbeldurchsetzte Rückströmung, (*4*) stillstehender, eingedickter Stoff unterschiedlicher Konzentration

zur Verwirbelungen führen, über die wiederum ein ständiger Stoffaustausch zwischen den Strömen stattfindet. Dadurch treten Veränderungen in der Stoffdichte und der Strömungsgeschwindigkeit über die Maschinenbreite ein, die letzten Endes die Bildung eines gleichmäßigen Blattes stören. Zu den Verhältnissen beim Gleichstromrundsieb sagen die gleichen Verfasser, daß im Bereich des Stoffzulaufes eine starke Turbulenz herrscht, die aber in Laufrichtung sehr schnell nachläßt. In diesem Bereich (a) liegt aber gleichzeitig auch die Blattbildungszone, d. h. hier wird das Blatt gebildet. Der Hauptteil des Stoffwassers fließt in das Innere des Siebzylinders ab. Mit dem Nachlassen des Wasserabflusses bildet sich auch hier eine Grenzschicht (b), deren Strömungsgeschwindigkeit gleich der der Siebgeschwindigkeit ist. Das bedeutet aber, daß innerhalb dieser Grenzschicht eine große Suspensionsmenge in Sieblaufrichtung gefördert wird. Da aber nicht mehr gefördert werden kann, als sich im Trog befindet, tritt nahe der Trogwand ein Stillstand ein. Dabei treten ebenfalls Abwaschungen vom gebildeten Blatt ein, die zu gleichen, wie den bereits geschilderten Dichteerhöhungen in Siebnähe führen. Dieser eingedickte Stoff wird ebenfalls zum Auftauchpunkt gefördert und läuft dort von Sieb ab. Da diese Menge aber größer ist als ein normaler Stoffüberlauf bei einem Gleichstromrundsieb, geht nur ein Teil mit dem Überlauf weg, während der Rest entgegen der Laufrichtung in den Trog zurückläuft (c). Zwischen dem Rücklauf und der Grenzschicht befinden sich instabile Zwischenschichten. Über diese wird laufend Fasermaterial in die Grenzschicht nahe dem Siebzylinder abgestoßen. Durch diese soeben geschilderte Stoffzirkulation, die durch instabile Sekundärströmungen gestört wird, wird auch bei dieser Rundsiebkonstruktion die Blatt-

bildung negativ beeinflußt. Hervorgerufen durch die Konstruktion und damit die Unmöglichkeit der Beherrschung der Vorgänge bei der Blattbildung und der Strömungsvorgänge, erwächst das Bestreben, neue Konstruktionen zu entwickeln, wie sie bereits unter dieser Ziffer geschildert wurden.

Aber nicht nur die Suspensionsgeschwindigkeit, sondern auch die Geschwindigkeit des Siebzylinders beeinflußt das Haftvermögen des Faserfilzes auf dem Rundsieb. Durch zu hohe Geschwindigkeiten entsteht die Gefahr, daß der Faserfilz beim Auftauchen aus der Fasersuspension vom Siebzylinder abrutscht. Diese sogenannte kritische Geschwindigkeit des Siebzylinders liegt in unterschiedlichen Grenzen. Sie ist von dem Durchmesser des Zylinders und dem Mahlungsgrad des Stoffes abhängig. Bei einem Siebzylinder mit einem großen Umfang und bei der Verwendung schmierigen Stoffes z. B. liegt die kritische Geschwindigkeit höher als bei einem kleineren Zylinder und dem gleichen Stoff. Aus dem Bild 135 ist das Kräfteverhältnis nach dem Auftauchen des Zylinders aus der Suspension zu erkennen. Danach wird ein Abrutschen des Faservlieses vom Siebzylinder nur dann vermieden, wenn die Resultierende (R) aus der Zentrifugalkraft (Z) und der Schwerkraft (G) unterhalb der Tangente verläuft, die im Auftauchpunkt am Umfang des Zylinders liegt. Das heißt aber gleichzeitig, daß die Relativgeschwindigkeit zwischen Sieb und Suspension nach oben begrenzt ist [70]. Wie bereits angedeutet, beginnt die eigentliche intensive Entwässerung der Stoffbahn auf dem Rundsiebzylinder erst in dem Augenblick, in dem dieser aus der Stoffsuspension auftaucht. Für die Entwässerung der Bahn steht also die Strecke bzw. der Zeitraum zur Verfügung, der zwischen dem Auftauchen und der Abnahme der Bahn durch den Filz liegt. Dabei wirkt für die Entwässerung auf der freien Fläche zwischen Auftauchpunkt und erster Filzberührung lediglich die Schwerkraft. Im Anschluß daran beeinflußt dann der zunehmende Preßdruck des Filzes und der Abnahmewalze den Entwässerungsvorgang. Auf dieser Strecke wird der Stoff von etwa 0,5···0,6 % Stoffdichte auf etwa 9···12 % je nach Stoffcharakter entwässert. Das zeigt, daß hier eine erhebliche Wassermenge entfernt werden muß.

Ein sehr wesentliches Moment, das sich sowohl auf die Blattbildung als auch auf den Fasergehalt im Abwasser negativ auswirken kann, ist die richtige Abdichtung der

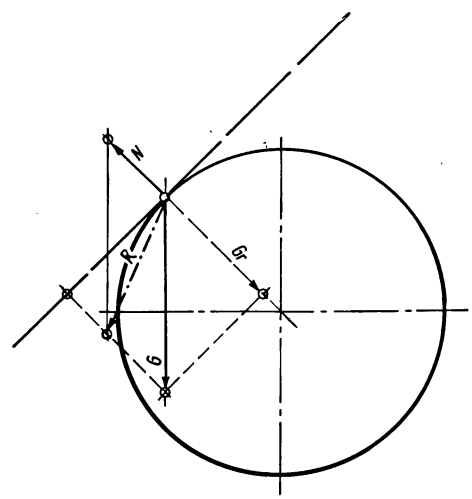


Bild 135. Kräfteverhältnis nach dem Auftauchen des Rundsiebes aus der Stoffsuspension

Rundsiebzylinder gegen den Kasten. Zu diesem Zweck haben die Rundsiebzylinder an den Auslaufrosetten eine Dichtungsfläche, der eine ebensolche mit gleichem Durchmesser am Rundsiebkasten gegenübersteht. Diese Dichtungsflächen sollen einen möglichst geringen Zwischenraum haben. Die Abdichtung des Zwischenraumes erfolgt durch die Auflage von Dichtungsbändern.

Bahnabnahme

Zur Abnahme der Stoffbahn vom Rundsiebzylinder dient ein Abnahmefilz, der durch eine Abnahmewalze, auch Abgautschwalze genannt, auf das Faservlies gepreßt wird. Der Abnahmefilz und die Abnahmewalze haben die Aufgabe, die Bahn zu entwässern, zu verdichten und von dem Rundsiebzylinder wegzuführen bzw. die Stoffbahn mit weiteren Bahnen zusammenzugautschen. Um einen dem Zustand der Stoffbahn entsprechenden Druck ausüben zu können, ist die Abnahmewalze gegenüber der Scheitellinie des Rundsiebes verschiebbar. Dadurch ist die Möglichkeit gegeben, die Walze entsprechend den Bedürfnissen der Stoffqualität weiter ab oder näher an die Scheitellinie heranzustellen und dadurch eine längere oder kürzere Vorpressung durch den Filz einzustellen. Eine weitere Reguliermöglichkeit besteht in der Verwendung von Walzen mit unterschiedlicher Härte des Gummibezuges, die je nach Stoffart zwischen 180 bis 210 Plastometerpunkten, gemessen mit $^1/_8''$-Kugel nach *Pussey* und *Jones*, angegeben werden [71]. Der Liniendruck beträgt bei diesen Walzen 10···18 kp/cm. Bei höheren Geschwindigkeiten verwendet man heute nicht selten bereits Saugwalzen als Abnahmewalzen. Damit soll die Entwässerung der Stoffbahn beschleunigt werden. Um eine möglichst gute Entwässerung zu erzielen, baut man weiterhin zwischen Abnahmewalze und Abnahmefilz einen Quetschwassersauger in den Einlauf ein, mit dem das durch den Filz hindurchtretende Wasser abgesaugt wird. Dieser Quetschwassersauger, der im Bild 136 dargestellt ist, hat weiterhin die Aufgabe, ein Abfallen der Stoffbahn vom Abnahmefilz zu verhindern.
Ähnlich wie bei einem Langsieb hat man auch bei einem Rundsiebzylinder Randspritzer als Formatbegrenzung eingebaut. Mit Hilfe dieser Einrichtung kann man eine einwandfreie Einstellung der erforderlichen Arbeitsbreite erreichen.
Eine wesentliche Voraussetzung für eine einwandfreie Rundsiebarbeit und damit eine gleichmäßige Blattbildung ist das ständige Sauber- und Offenhalten des Ober- und Untersiebes. Hervorgerufen durch die Konstruktion des Rundsiebzylinders, er-

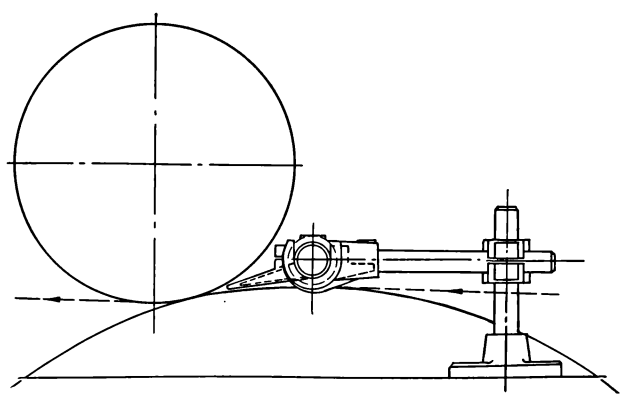


Bild 136
Quetschwassersauger

geben sich viele Ansatzpunkte für Faserteilchen und Faserschleim, die dazu führen, daß das Sieb versetzt wird, die Entwässerungsleistung nachläßt und nicht zuletzt die Blattbildung ungünstig beeinflußt wird. Es ist deshalb notwendig, die Rundsiebzylinder mit einwandfrei arbeitenden Spritzrohren auszurüsten, die vor allen Dingen mit einem entsprechend hohen Wasserdruck arbeiten. Derartige Spritzrohre kann man mit Breitstrahldüsen ausrüsten und diese mit hin- und hergehender Pendelbewegung versehen, damit die gesamte Siebfläche erfaßt wird. Der Spritzwasserdruck wird zweckmäßig auf 4···5 at ausgelegt, der mit einer Druckerhöhungspumpe erzeugt wird. Es ist keinesfalls erforderlich, diese Spritzrohre, speziell die Breitstrahlspritzrohre, mit Frischwasser zu betreiben. Sie sind so gebaut, daß sie mit Klarwasser aus den Abwasserfiltern betrieben werden können. Trotz der Verwendung der genannten Spritzrohre ist es aber von Zeit zu Zeit notwendig, die Rundsiebzylinder gründlich zu reinigen. Das ist vor allem dort erforderlich, wo große Mengen Altpapier oder auch Braunschliff zum Einsatz kommen. Diese grundsätzliche Reinigung kann einmal erfolgen, indem man an jedem Rundsiebzylinder eine über die gesamte Breite verschiebbare Dampfdüse anordnet, mit der in gewissen Zeitabständen ein Durchblasen des Siebgewebes erfolgt. Da sich aber an den Zylinderinnenseiten zwischen Ober- und Untersieb von Zeit zu Zeit doch Schlamm- und Schleimablagerungen festsetzen, die auch die freie Siebfläche verringern und damit eine gleichmäßige Blattbildung verhindern, macht sich auch hier in gewissen Zeitabständen eine intensive Reinigung erforderlich. Zu diesem Zweck füllt man den Trog nach Ablassen der Stoffsuspension mit Wasser, setzt eine bestimmte Menge kalzinierter Soda zu und „kocht" den Rundsiebzylinder unter ständiger Zugabe von Dampf einige Stunden hindurch aus. Dabei lösen sich die Schleim- und Schlammansätze. Das Auskochen kann ohne Beeinträchtigung der Produktion während des Betriebes erfolgen, indem es zu einem Zeitpunkt durchgeführt wird, an dem nicht alle Zylinder benötigt werden, wenn schwache Sorten laufen.

Rundsiebabdichtung und Bespannung

Einen nicht unbedeutenden Einfluß auf die Blattbildung und den Grad der Stoffverluste im Abwasser hat die Abdichtung der Rundsiebzylinder gegen den Rundsiebtrog. Dabei muß die Abdichtung so erfolgen, daß einerseits kein Stoffwasser an den Dichtstellen auslaufen kann und andererseits auch eine Beeinträchtigung des Sieblaufes ausgeschaltet wird. Als Abdichtungen verwendet man die verschiedensten Formen und Vorrichtungen. Die älteste Form der Zylinderabdichtung ist das Dichtungsband. Dieses Dichtungsband wird mit einem Winkeleisen an der Kastenwand befestigt, und zwar auf der abwärts laufenden Zylinderseite mit einem Niet und auf der aufsteigenden Zylinderseite mit einer Schraube, die als Flügelmutter ausgebildet ist, wodurch ein Nachspannen des Dichtungsbandes ermöglicht wird. Diese Abdichtung findet man heute vielfach noch an älteren Pappenmaschinen. Später eingeführte Dichtungsbänder bestehen aus Messingbändern, die sich selbst spannen. Eine neue Konstruktion der Zylinderabdichtung ist im Bild 137 gezeigt. Sie ist wie folgt ausgeführt: Um eine einwandfreie Abdichtung zu erhalten, sind die Stirnwände des Troges innen geschliffen. Gegen die geschliffenen Flächen drückt ein in die Stirnscheiben des Zylinders eingelassener Graphitring. Wie aus dem Bild zu ersehen ist, liegt dieser Graphitring in einem Gummipolster, welches mittels Luft aufgepumpt werden kann. Die Luftzuführung erfolgt durch den gebohrten Zylinderzapfen und die

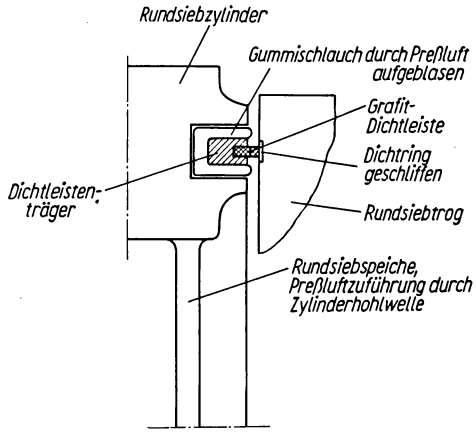


Bild 137. Rundsiebabdichtung

gleichzeitig gebohrten Zuganker. Mit dieser Form der Abdichtung läßt sich eine sehr wirksame und feinfühlig einstellbare Abdichtung zwischen Zylinder und Trog erreichen. Dabei ist aber zu beachten, daß der Zylinder keinesfalls ohne Wasser laufen darf, das als Schmiermittel zwischen dem Graphitring und der Trogwand nötig ist.
Bei der Abdichtung der Zylinder gegen die Trogwand oder bei der Verwendung von Dichtungsbändern ist darauf zu achten, daß dieselben nicht zu stark angezogen bzw. angepreßt werden, weil dadurch bei nicht angetriebenen Rundsiebzylindern ein unruhiger und ungleicher Gang und ein Festbremsen eintritt. Letzten Endes wirken sich zu stark angespannte Dichtungsbänder oder Dichtungsringe auf den Kraftverbrauch nicht unbedeutend aus. Ein unruhiger Lauf hat aber negative Auswirkungen auf die Blattbildung. Das Blatt wird ungleichmäßig in seiner Masse je Flächeneinheit, und durch das Zucken des Siebzylinders entstehen durch starke und schwache Blattstellen die sogenannten „Runzeln".
Die Bespannung der Rundsiebe erfolgt üblicherweise zunächst mit einem Unterlagsgewebe, das als Tragsieb für das eigentliche Maschinensieb dient. Dieses Unterlagsgewebe, welches sehr weitmaschig ist, besteht aus Halbrunddrähten. Über dieses Unterlagsgewebe wird das eigentliche feine Siebtuch gespannt, das an den Seiten mit dem Rundsiebzylinder verlötet wird.
Das Aufziehen der Siebe muß sehr gewissenhaft erfolgen, damit beim Betrieb keine Falten auftreten. Das Aufziehen der Siebbespannung erfolgt entweder mit endlichen Sieben oder auch in vielen Fällen unter Verwendung von Schlauchsieben, die endlos gewebt sind.

Abnahmefilz und Obertuch

Wie bereits erwähnt, verwendet man zur Abnahme der Kartonbahn von den Rundsieben sogenannte „Abnahmefilze". Von diesen Filzen, die bei modernen Maschinen Längen bis zu 80 m und mehr haben, verlangt man, daß sie gut durchlässig sind, um eine gute Entwässerung zu garantieren. Gleichfalls sollen sie aber keinesfalls nennenswert markieren, damit eine geschlossene und gleichmäßige Oberfläche des Kartons erreicht wird. Das ist besonders wichtig bei bochwertigem Maschinen- und Chromoersatzkarton. Eine weitere Forderung, die an die Filze gestellt wird, ist eine hohe

Stabilität, damit bei den großen Längen eine zu starke Dehnung vermieden wird. Das ist besonders bei älteren Maschinen zu beachten, weil bei diesen in den meisten Fällen durch die Filze noch die Rundsiebe angetrieben werden.
Die Masse je Flächeneinheit der Abnahmefilze beträgt im allgemeinen 800···900 g/m².
Zur Unterstützung der Entwässerung und um ein Verdrücken der Kartonoberfläche zu vermeiden, verwendet man bei besseren Kartonsorten innerhalb der Vorpressenpartie noch sogenannte „Obertücher". In diesem Falle wird der Karton in der Vorpressenpartie zwischen Abnahmefilz und Obertuch geführt. An diese Obertücher, die eine Masse je Flächeneinheit von 600···850 g/m² haben, werden die gleichen Anforderungen wie an die Abnahmefilze gestellt.

Reinigung der Filze

Eine ganz besondere Bedeutung hat die Reinigung der Filze innerhalb der Maschine, da sie einen wesentlichen Einfluß auf die Entwässerungsleistung, die Qualität des Erzeugnisses und die Laufzeit der Filze hat. Letzteres wirkt sich besonders auf die Leistung einer Maschine aus, weil ein oftmaliger Filzwechsel letzten Endes Produktionsausfälle verursacht. Eine starke und schnelle Verschmutzung der Filze tritt besonders dort auf, wo mit hohen Altpapier- und Füllstoffanteilen bzw. Stoffen gearbeitet wird, die einen hohen Kurzfaseranteil haben. Verschmutzend wirken auch die verwendeten Leimstoffe. Man muß mit allen Mitteln anstreben, den Filz so lange wie möglich in der Maschine zu belassen.
Um dies zu erreichen, werden innerhalb der Filzführung Reinigungseinrichtungen angeordnet, mit denen ein Waschen und Offenhalten während des Betriebes möglich ist.
Zu den verschiedenen Reinigungseinrichtungen gehören Kasten- und Walzenfilzwäschen, von denen erstere sich bei richtiger Ausführung und Inbetriebhaltung am besten bewährt haben.
Unter den vielen Konstruktionen hat sich besonders eine Filzwäsche gut bewährt, bei der der Abnahmefilz zunächst von beiden Seiten mit hohem Wasserdruck behandelt wird. Dadurch werden die enthaltenen Unreinheiten zunächst gelockert und zu einem Teil herausgewaschen. Dieser Wäsche ist ein Filzschläger nachgeordnet, der die weitere Lockerung und das Herauslösen fördert. Danach läuft der Filz durch eine Wasserwanne, in der die gelockerten Unreinheiten vollkommen entfernt werden.
Eine andere Einrichtung, die sich zur Reinigung der Filze sehr gut bewährt, ist der „Vickery-Filzinstandhalter", dessen Arbeitsschema im Bild 138 erläutert wird. Dieser Filzinstandhalter besteht aus einem Saugschuh (1) mit einer polierten Oberfläche, die direkt an der Kartonseite des Filzes anliegt. Dieser Saugkasten ist in eine Waschkammer und eine Saugkammer unterteilt. Durch den Rohranschluß (2) wird kaltes Wasser mit 2,5 at und durch den Anschluß (3) Dampf mit 1,5 at in die Waschkammer gedrückt. Durch die Mischung von Wasser und Dampf steht Warmwasser von etwa 50 °C zur Verfügung, das in die Filzmaschen gedrückt wird und die Unreinheiten lockert. Über den Anschluß (4) erfolgt dann mit einem Unterdruck von 100···150 mm Quecksilbersäule das Absaugen des eingedrückten Waschwassers, das die Unreinheiten aus dem Filz mitführt.
Die Vickery-Filzinstandhalter werden traversierend angeordnet, damit die gesamte Filzbreite überstrichen werden kann. Bei Filzen, die einer sehr intensiven und schnellen Reinigung bedürfen, ordnet man auf einer Traversiervorrichtung bis zu sieben Saugschuhe an.

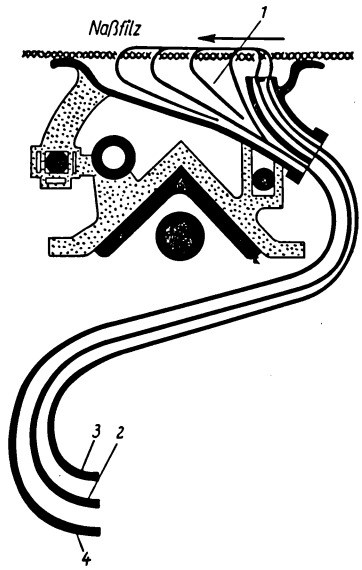


Bild 138. Vickery-Filzinstandhalter

Als weitere Reinigungseinrichtung verwendet man „Rohrsauger", die an geeigneter Stelle nach der Filzwäsche angeordnet werden.
Da die Abnahmefilze besonders an den Rändern sehr stark verschmutzen, empfiehlt es sich, auch an den Rändern noch kurze Spritzrohre, die mit hohem Druck arbeiten, anzubringen.

9.2.2. Langsiebpartie

Außer der Rundsiebpartie verwendet man bei der Herstellung von Karton und Pappe auch das Langsieb, besonders zur Herstellung von Strohpappen und Rohdachpappen. In zunehmendem Maße findet aber das Langsieb Verwendung zur Herstellung dünner Kartonsorten, wie Karton für Wellpappe oder Kraftliner. In diesem Falle wird, da es sich bei diesen Sorten um Massen von 200···300 und 350 g/m² handelt, mit ein und zwei Sekundäraufläufen gearbeitet. Das Langsieb findet auch Verwendung in Kombination mit einer Rundsiebpartie oder mit mehreren Langsieben.
Der Siebpartie obliegt die Aufgabe, die Entwässerung der Faserstoffsuspension so durchzuführen, daß eine möglichst regellose Verteilung der Fasern, d. h. ohne besondere Orientierung auf eine Richtung, erzielt wird. Dazu gehört gleichzeitig, daß bei der jeweiligen Maschinengeschwindigkeit und der zu erzielenden Masse je Flächeneinheit die Siebfläche so groß gewählt wird, daß am Ende der Siebpartie ein Trockengehalt bzw. eine solche Naßfestigkeit erreicht wird, daß eine gesicherte Überführung der Bahn auf den Filz der ersten Naßpresse erfolgen kann.
Die Langsiebpartie besteht aus vier Hauptgruppen, dem Stoffauflauf, der Registerpartie, der Saugerpartie und der Gautsche. Alle diese Gruppen üben einen mehr oder weniger großen Einfluß auf die Blattbildung und damit auf die Qualität des Erzeugnisses aus. Während der Stoffauflauf ein geschlossenes Ganzes bildet und nicht unmittelbar mit der eigentlichen Siebpartie verbunden ist, hängen die übrigen drei

Gruppen unmittelbar zusammen. Das endlose Siebtuch, das je nach der Art des herzustellenden Erzeugnisses und der vorgesehenen Geschwindigkeit eine Länge von 20···30 m hat, wird einerseits von der Brustwalze und andererseits von der Gautsche geführt. Der Antrieb des Siebes erfolgt durch die Gautschwalze. An die Brustwalze, die direkt unter dem Stoffauflauf liegt, schließt sich die Registerpartie an, die aus einer größeren Anzahl von Walzen besteht, die das Sieb tragen und gleichzeitig der Entwässerung dienen. Um den seitlichen Ablauf des Stoffes in der Registerpartie zu verhindern, sind über dem Sieb Deckelriemen oder Stoffbegrenzungsleisten angeordnet. Die Registerwalzen sind auf den Registerschienen in Kugellagern gelagert. Die Registerschienen sind beweglich, um ein Schütteln der gesamten Registerpartie zu ermöglichen. Der Registerpartie sind die Sauger nachgeordnet, deren Anzahl sich nach der herzustellenden Sorte, dem Schmierigkeitsgrad des Stoffes und der Laufgeschwindigkeit der Maschine richtet. Diesen Saugern folgen bis zur Gautsche noch einige Registerwalzen, die lediglich eine tragende Rolle spielen. Als letztes Glied ist dann die Gautsche nachgeschaltet, die bei modernen Maschinen als Saugwalze ausgebildet ist. Innerhalb des Langsiebes befinden sich im rücklaufenden Trum dann noch Regulier- und Spannwalzen.

9.2.2.1. Stoffauflauf

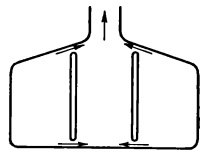
Für die Herstellung einer gleichmäßigen Kartonbahn ist der Stoffauflauf eines der entscheidendsten Elemente. Seine Aufgabe ist es, die Faserstoffsuspension unmittelbar auf das laufende Maschinensieb zu überführen. Zur Erfüllung dieser Aufgabe muß ein Stoffauflauf nachstehende Bedingungen erfüllen:

1. Gewährleistung einer über die gesamte Bahnbreite gleichmäßigen Ausflußgeschwindigkeit,
2. Zuführung der Suspension bei höchster Gleichmäßigkeit und geringster Flockenbildung,
3. Austritt der Suspension bei geringster Flockenbildung,
4. Parallelauslauf des Stoffgemisches, damit eine gute Blattbildung erreicht wird,
5. Vermeidung von Wirbelbildung.

Viele Mängel, die im fertigen Erzeugnis festgestellt werden, sind in erster Linie bereits auf die Blattbildung unmittelbar am Stoffauflauf zurückzuführen. Man kann deshalb nicht vom Stoffauflauf schlechthin sprechen, sondern entscheidend ist bereits die Form der Stoffzuführung zum Aufbau selbst.

Stoffzuführung

Man unterscheidet einmal offene und zum anderen geschlossene Systeme. Bei älteren Maschinen findet man meist die ersteren. Die Stoffzuführung erfolgt bei dieser Bauart meist aus Knotenfängern, in denen der Stoff feingereinigt wird, entweder in der Art, daß die Suspension in Bahnbreite aus dem Knotenfänger austritt und so dem Stoffauflauf zugeführt wird, oder man schaltet einen sogenannten Siphonauflauf dazwischen. Diese Art der Zuführung hat einen gewissen Nachteil, weil keine gleichmäßige Verteilung der Fasern in der Suspension über die gesamte Bahnbreite erreicht



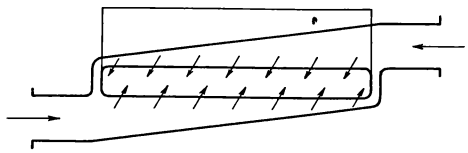


Bild 139. Querstromverteiler, Bauart Voith

werden kann. Die Ursache hierfür sind vielerlei Gründe, wobei als Beispiele das Zusetzen der Knotenfängerschlitze, die Bildung von toten Ecken oder Stoffwirbelungen genannt werden sollen. Wenn das auch bei manchen Kartonsorten eine nicht so ausschlaggebende Rolle spielt, so kommt es bei der Herstellung von Automatenkarton oder als Decke eines hochwertigen Kartons doch auf einen gleichmäßigeren Stoffauflauf an. Deshalb werden jetzt Querstromverteiler zusätzlich vorgeschaltet.
Bild 139 zeigt das Prinzip eines Querstromverteilers älterer Bauart. Die Stofführung erfolgt von der Pumpe aus in zwei Teilströmen, die von links und rechts in den Querstromverteiler gedrückt werden. Wie ersichtlich, sind zwei Wände diagonal eingebaut. Zwischen ihnen befindet sich eine Kammer, oder die Einlaufkammern sind konisch gestaltet und verjüngen sich dadurch nach der dem Einlauf gegenüberliegenden Seite. Die am größten Querschnitt eintretende Stoffsuspension verteilt sich in den konischen Kammern und tritt durch die Drosselspalten, die sich über der gesamten Breite ober- und unterhalb der Wände befinden, in die Mittelkammern ein. Durch die konische Gestaltung der Kammern am Einlauf und die Drosselschlitze wird eine gleichmäßige Stoffgeschwindigkeit und ein gleichmäßiger Druck erzielt. Dadurch werden die in den älteren Stoffaufläufen vorhandenen Schwierigkeiten vermieden. Die so auf die Bahnbreite verteilte Suspension drückt im Mittelkanal senkrecht nach oben in den eigentlichen Stoffauflauf ein.
Eine andere Form der Stoffzuführung ist der „Faltendiffusor", der im Bild 140 gezeigt wird. Aus dem mit einem Pfeil angedeuteten Zuführungsrohr wird die Stoffsuspension durch ein Rohrsystem, das aus auf- und abwärts gerichteten Rohren besteht, in den Stoffauflauf gedrückt. Die Konstruktion ist so gewählt, daß die Stoffsuspension zunächst in einen sich nach oben erweiternden Kanal gedrückt wird, am oberen Ende wendet und anschließend den zweiten, sich nach unten erweiternden Kanal passiert. Im dritten Kanal erfolgt dann der Auslauf auf voller Maschinenbreite. Durch die wechselnde Auf- und Abwärtsbewegung des Stoffes wird die Geschwindigkeit beschleunigt und verlangsamt, was zu einer guten Querverteilung führt und Flockungen verhindert.
Bild 141 zeigt eine sogenannte Mehrfachzuführung. Dabei ist zu beachten, daß die Zuführungsrohre keine stark ausgerundeten Ecken haben dürfen, weil sich in diesen Stoffberuhigungen ergeben, die zu Ablagerungen führen, welche die Blattbildung beeinflussen, wenn sie als Batzen in den Stoffauflauf gelangen. Bei einer scharfkanti-

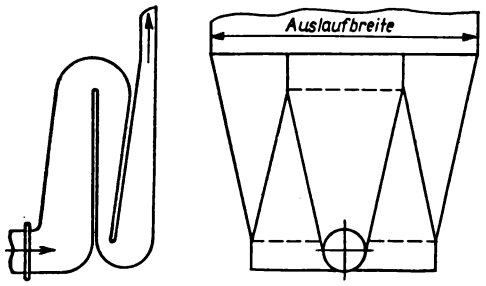


Bild 140. Faltendiffusor

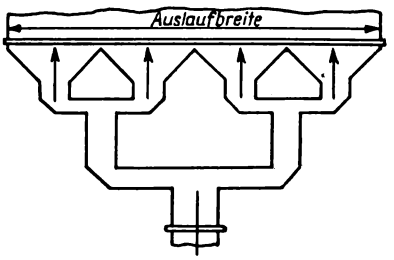


Bild 141. Mehrfachzuführung

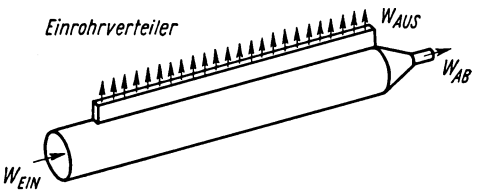


Bild 142. Einrohrverteiler

gen Ausführung der Zuführleitungen entstehen durch den Aufprall des Stoffstromes Wirbel, die den Stoffstrom in Bewegung halten und Ablagerungen vermeiden. Bild 142 zeigt als weiteres Stoffzuführungssystem den Einrohrverteiler, der ebenfalls wie der Faltendiffusor und die Mehrfachzuführung speziell für geschlossene Stoffauflaufsysteme Verwendung findet. Wie dem Bild zu entnehmen ist ermöglicht auch diese Konstruktion weitgehendst gleichmäßige Stoffzuführung und Strömungsverhältnisse im Stoffzulauf und -auflauf.

Hochdruckstoffauflauf

Die Stoffaufläufe mit Staulatten sind längst überholt. Bei modernen Maschinen verwendet man den offenen Hochdruckstoffauflauf. Diese Konstruktion bietet den Vorteil einer guten Korrektur über die ganze Bahnbreite. Um die durch die Stoffberuhigung mögliche Flockung zu vermeiden, wird der Hochdruckstoffauflauf vor der Auslaufdüse noch mit einer Lochwalze ausgerüstet. Bild 143 zeigt das Prinzip und den Aufbau eines offenen Hochdruckstoffauflaufes. Vor dem Auslaufspalt befindet sich die Lochwalze, die durch Erzeugung einer kurzfristigen Stoffwirbelung die Suspension egalisiert. Durch die angeordnete Auslaufdüse tritt die Suspension aus und wird auf das Sieb überführt. Die Stellung der Auslaufdüse zum Sieb ist dadurch regelbar, daß der Stoffauflauf kippbar angeordnet wird. Dadurch können Auftreffwinkel und Auftreffort der Suspension verändert und damit die Blattbildung beeinflußt werden. Die Oberlippe der Auslaufdüse ist in Abständen von etwa 15 cm mit Spindeln versehen, die eine Regulierung des Querschnittes der Auslaufdüse gestatten.

Stauhöhe und Staudruck. Die erforderliche Auslaufgeschwindigkeit der Stoffsuspension wird von der Stauhöhe im Hochdruckstoffauflauf beeinflußt. Diese Auslaufgeschwindigkeit ist aber der maßgebende Faktor für die Blattbildung. Da man bei offenen Stoffaufläufen die notwendige Auslaufgeschwindigkeit durch Umwandlung

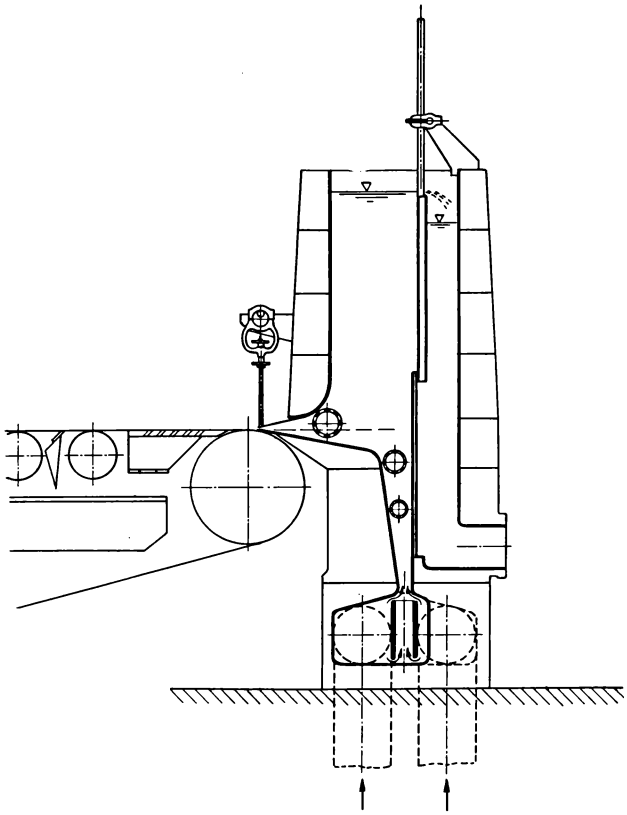


Bild 143. Prinzip eines Hochdruckstoffauflaufs

von Lageenergie in kinetische Energie erreicht, muß eine bestimmte Stauhöhe eingestellt werden. Diese Stauhöhe errechnet sich wie folgt [72]:

Lageenergie = Geschwindigkeitsenergie

$$Gh = \frac{mv^2}{2}$$

Stellt man die Gleichung nach h um und setzt für $G = m \cdot g$, dann lautet die Formel

$$h_{\text{theor.}} = \frac{mv^2}{2mg} = h_{\text{theor.}} = \frac{v^2}{2g}$$

Zur Errechnung der theoretischen Auslaufgeschwindigkeit verwendet man folgende Formel:

$$v_{\text{th}} = 2g \cdot h$$

Da aber durch die Wirkung der Lochwalzen und die auftretende Reibung in der Auslaufdüse die Geschwindigkeit des eintretenden Stoffstrahles stets geringer ist als die theoretische, müssen diese Faktoren berücksichtigt werden.

Zu beachten ist auch, daß das Sieb langsamer läuft als die erste Trockenzylindergruppe und der Stoffstrahl zur Erreichung einer guten Blattbildung eine geringere Geschwindigkeit haben muß als das Sieb. Unter Berücksichtigung der genannten Faktoren wird für die Errechnung der tatsächlich notwendigen Stauhöhe folgende Formel angewendet:

$$h_{\mathrm{pr}} = \left(\frac{\xi\psi}{\varphi}\right)^2 \frac{v_{\mathrm{m}}^2}{2g}$$

In den Formeln bedeuten die einzelnen Werte:

h = Stauhöhe (theoretisch bzw. praktisch),
m = Masse,
v_{th} = theoretische Auslaufgeschwindigkeiten,
v_{m} = Nenngeschwindigkeit der Kartonmaschine am Rollapparat in m/s,
g = Erdbeschleunigung,
ξ = Nacheilungskoeffizient des Stoffstrahles gegenüber dem Sieb < 1,
ψ = Nacheilungskoeffizient der Siebgeschwindigkeit gegenüber der Nenngeschwindigkeit erste Trockengruppe < 1,
φ = Ausflußziffer (abhängig von Düsenbauart und Art der angewendeten Verteilerelemente vor dem Stoffaustritt, entweder Lochwalze oder Lamellen).

Die Ausflußziffer φ wird von *Karl Schmidt* [73] für die in der Praxis vorkommenden Stoffe, Stoffdichten und Mahlungsgrade wie folgt angegeben: Lochwalze 0,94···0,95, Lamellen 0,97···0,98. Aus diesen Werten ergibt sich aber gleichzeitig, daß die Austrittsgeschwindigkeit an der Düse kleiner gehalten wird als die Siebgeschwindigkeit. Der Unterschied zwischen Austritts- und Siebgeschwindigkeit beeinflußt die Güte der Durchsicht wesentlich. Andererseits wird dadurch auch die Festigkeitsorientierung beeinflußt, so daß man den Unterschied zwischen beiden Geschwindigkeiten nicht zu groß wählen darf. Nach den in der Praxis ermittelten Geschwindigkeitsunterschieden, die zwischen 5···10 % liegen, ergibt sich somit für $\xi = 0{,}95 \cdots 0{,}90$. Die Siebgeschwindigkeit ist aber gleichzeitig abhängig von der Dehnung der Bahn, die in der Pressenpartie eintritt. Das bedeutet, daß die Siebpartie langsamer laufen muß, als die Nenngeschwindigkeit der Maschine (1. Trockengruppe) beträgt. In Abhängigkeit von der Anzahl der Pressen, dem Liniendruck und der Stoffsorte beträgt die Nacheilungsziffer $\psi = 0{,}95 \cdots 0{,}85$.
Müller-Rid [74] sagt zu dem Verhältnis Austritts- zu Siebgeschwindigkeit, daß eine im Verhältnis zur Siebgeschwindigkeit geringere Austrittsgeschwindigkeit eine Längsorientierung der Fasern zur Folge hat. Dagegen wird bei höherer Austrittsgeschwindigkeit gegenüber der Siebgeschwindigkeit die Längsorientierung vermindert.
Während der bekannte offene Stoffauflauf für Geschwindigkeitsbereiche bis zu 100 bis 150 m/min sich als zweckmäßig erwiesen hat, verwendet man heute bei höheren Geschwindigkeiten im Interesse einer einwandfreien und feinfühligen Steuerung und zur Erzielung der notwendigen Voraussetzungen für eine einwandfreie Blattbildung den Hochdruckstoffauflauf mit Preßluftpolster, Bild 144.
Zur Erzeugung des erforderlichen Staudruckes für die Erzielung der notwendigen Strahlaustrittsgeschwindigkeit entsprechend der jeweiligen Siebgeschwindigkeit, ging man dazu über, anstelle der statischen Druckhöhe Druckpumpen zu verwenden. Da aber diese Stoffaufläufe sehr empfindlich gegen Lufteinschlüsse bzw. Luftpulsa-

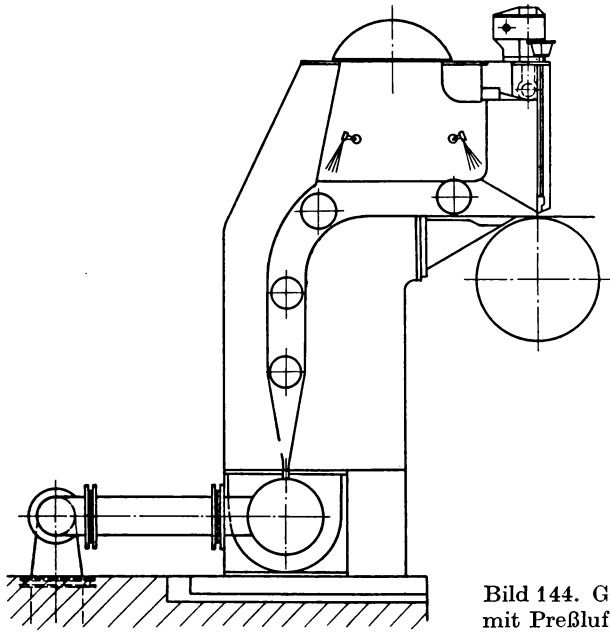


Bild 144. Geschlossener Pumpenstoffauflauf mit Preßluftpolster und Rohrverteiler

tionen sind, die von den Pumpen selbst oder vorgeschalteten Sortiereinrichtungen ausgehen können, verwendet man demzufolge zur Steuerung der Auslaufgeschwindigkeit ein Preßluftpolster. Dieses Luftpolster ermöglicht sowohl mit hohen Drücken bei großen Geschwindigkeiten zu fahren, als auch durch Einstellung eines Unterdruckes über die Stoffsuspension im Stoffauflauf die Anwendung niedriger Geschwindigkeiten. Mit Hilfe dieses Über- bzw. Unterdruckes bleibt die Stoffhöhe im Auflauf immer gleich, so daß ständig gleiche Strömungsverhältnisse im Stoffauflauf selbst und damit am Stoffaustritt auf das Sieb herrschen. Im Zusammenhang mit einer konstanten Stoffhöhe im Stoffauflauf ist dann auch die Anordnung eines Überlaufes mit konstanter Überlaufhöhe im Interesse der Schaumabführung möglich, die zweckmäßig in Richtung der Strömung erfolgt, weil dadurch die Garantie für eine einwandfreie Schaumabführung gegeben ist. Die Einstellung von Spaltweite bzw. Düsenhöhe erfolgt entweder durch Auf- und Abfahren der Vorderwand bzw. Auf- und Abbewegen der oberen Wand der Düse am Düsenende. Eine weiter erforderliche Korrektur der Blattdicke über die Bahnbreite wird dadurch ermöglicht, daß in Abständen von 150 bis 200 mm über die Auflaufbreite eine Feineinstellung mittels Spindeln möglich ist.

9.2.2.2. Registerpartie

Die gleichmäßige Verteilung der Fasern in der Suspension, die Einhaltung der richtigen Auslaufgeschwindigkeit und eine gleichmäßige Stoffbahn sind Voraussetzungen für eine einwandfreie Blattbildung. Nach dem Verlassen der Auslaufdüse des Stoffauflaufes vollzieht sich auf dem Sieb ein Filtrationsvorgang. Während das Stoffwasser durch die Maschen des Maschinensiebes hindurchläuft, lagern sich die Fasern auf

demselben ab und verfilzen miteinander. Dieser Vorgang beginnt unmittelbar nach dem Auflauf aus der Düse auf das Sieb. Der Ablagerungsvorgang geht so vonstatten, daß sich zuerst die dem Sieb zunächst liegenden Fasern ablagern und der gebildete Faserfilz gleichzeitig als Filterschicht wirkt. Durch die immer stärker erfolgende Ablagerung von Fasern wird das Vlies zunehmend dicker und setzt der Filtration der Stoffsuspension größeren Widerstand entgegen, so daß die Entwässerung verlangsamt wird. Durch die schnelle Bildung eines Faservlieses werden vor allem in der Suspension enthaltene Füllstoffe, Fasertrümmer und Faserschleim zurückgehalten und somit die Geschlossenheit des Blattes gefördert.

Aus den geschilderten Vorgängen geht aber auch hervor, daß das erste Drittel einer Siebpartie der entscheidende Abschnitt für die Blattbildung überhaupt ist. In dieser Zone befindet sich noch so viel Wasser auf dem Sieb, daß ein Verteilen der Fasern und ein Egalisieren erfolgen kann. Das bedeutet, daß diese Zone ausschlaggebend für die Qualitätseigenschaften des Endproduktes ist. In dem anschließenden Drittel der Siebpartie wird die eigentliche Blattbildung beendet. Der Wassergehalt ist in diesem Teil so gering, daß eine Faserverlagerung nicht mehr möglich ist. Das letzte Drittel dient ausschließlich der Entwässerung. In der gesamten Siebpartie haben die dort eingebauten Walzen nicht nur die Aufgabe, das Sieb zu stützen bzw. zu tragen, um eine gleichmäßige Sieboberfläche und ein einwandfreies Blatt zu erhalten. Ihnen kommt bei der Entwässerung der nassen Stoffbahn eine sehr wesentliche Aufgabe zu. Wie bereits erwähnt beginnt der Entwässerungsvorgang unmittelbar nach dem Austritt der Stoffsuspension aus der Düse des Stoffauflaufs. Die unmittelbar unter der Düse gelagerte Brustwalze kann diesen Vorgang beeinflussen. Je nach Bauart des Stoffauflaufes wird durch Schwenkung desselben oder nur seiner Vorderwand die Richtung des Suspensionsstrahles zum Sieb eingestellt. Davon hängt es also ab, ob und in welchem Maße die Brustwalze an der Entwässerung teilnimmt. Der Brustwalze nachgeordnet ist der Siebtisch, der vornehmlich die Aufgabe hat, den Durchhang des Siebes zwischen der Brust- und der ersten Registerwalze aufzufangen. Damit soll gleichzeitig die Entwässerungswirkung der Brustwalze reduziert werden, indem durch Verhinderung des Siebdurchhanges die Umschlingung der Brustwalze durch das Sieb vermindert wird. Eine weitere Aufgabe des Siebtisches besteht darin, entsprechend dem Entwässerungsverhalten des jeweils zur Verfügung stehenden Stoffes, eine zu schnelle Wasserabführung bei Beginn des Entwässerungsvorganges, zu unterbinden. Das trifft vor allem bei röschen Stoffen zu, damit eine ordentliche Blattbildung erfolgt. Zu diesem Zweck kann der Siebtisch mit regelbarer Wasserabführung ausgerüstet bzw. als geschlossene Konstruktion ausgebildet werden. Bild 145 zeigt einen Siebtisch mit regelbarem Wasserablauf.

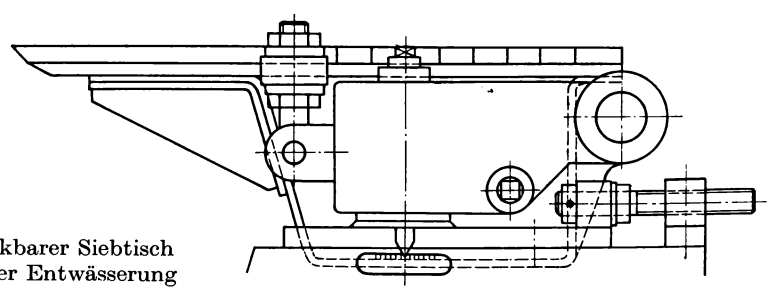


Bild 145. Schwenkbarer Siebtisch zur Einstellung der Entwässerung

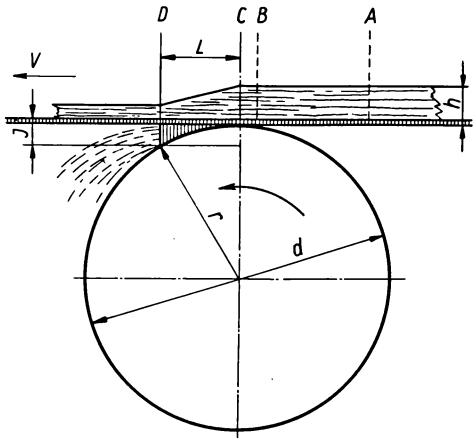


Bild 146. Wirkungsweise einer Registerwalze eines Langsiebes.

In diesem Zusammenhang soll auch auf die von *Cowan* [75] entwickelte Theorie der Entwässerungswirkung von Registerwalzen etwas näher eingegangen werden. *Cowan* geht bei seinen Betrachtungen davon aus, daß der Wasserabfluß durch die Stoffwasserhöhe über dem Sieb verursacht und durch Faserfilz -und Siebwiderstand beeinflußt wird. Im Bild 146 wird dargestellt, wie sich in dem Winkel zwischen dem in Richtung V laufenden Sieb und der ablaufenden Walze eine geschlossene Wassersäule bildet, die auf der Länge L eine Entwässerung herbeiführt. Während im Punkt A die Oberflächenspannung des Siebes der Entwässerung hemmend entgegenwirkt und dadurch den Wasserablauf verhindert, ist durch die im Punkt B eintretende Berührung zwischen Sieb und Registerwalze eine genügend große Oberflächenspannung der Walze wirksam, um diejenige des Siebes zu überwinden. Dadurch beginnen bei Punkt C infolge Einwirkung der statischen Druckhöhe h die Wasserteilchen durch das Vlies und das Sieb hindurchzutreten. Die Entwässerung vollzieht sich auf einer Strecke C–D, die durch den wassergefüllten Winkel J zwischen Siebunterseite und Walzenmantel bestimmt wird. Sobald die durch das Sieb strömende Wassermenge nicht mehr in der Lage ist, den Winkel zu füllen, weil der Abstand zwischen Sieb und Walze sich schnell vergrößert, hört der Wasserdurchtritt auf. Die geschlossene Wassersäule löst sich nunmehr auf, und das Wasser wird durch die Zentrifugalkraft der Registerwalze abgeschleudert.

Aus diesen geschilderten Annahmen leitet *Cowan* folgende geometrische Berechnung ab:

$$Q_{RW} = \frac{120 dSg}{v} = D^2 h$$

Darin bedeuten:

Q_{RW} = Wasserabfluß an der Registerwalze in m³/min,
d = Registerwalzendurchmesser in m,
S = Siebbreite in m,
g = Erdbeschleunigung in m/s²,
v = Siebgeschwindigkeit in m/min,
h = (variable) Bahndicke über dem Sieb an der Berührungsstelle mit der Walze in m,
D = Entwässerungskoeffizient (variabel).

Dabei ist D eine Sammelfunktion vieler Einflüsse, die *Cowan* als Annahmewert festlegte und die hauptsächlich besagt, daß sich der Entwässerungskoeffizient umgekehrt proportional mit der Zulaufstoffdichte zu der betreffenden Walze ändert. Dabei ergab sich, daß die mit dieser Zahl errechneten Werte sehr gut mit der Praxis übereinstimmen.

Aus den Darlegungen ergibt sich, daß die Registerwalzen wirkungsvolle Entwässerungseinrichtungen sind, deren Wirkungsgrad mit zunehmender Geschwindigkeit steigt. Durch die Registerwalzen kann also die erhöhte Entwässerung der Stoffbahn gesteuert werden, doch gibt es auch Mittel zur Verminderung der Entwässerung, und zwar durch den Einbau von gerillten Registerwalzen. Während bei langsam laufenden Maschinen die Entwässerung in der Registerpartie ausschließlich durch die Schwerkraft erfolgt, tritt bei zunehmender Geschwindigkeit eine Saugwirkung zwischen dem Sieb und der ablaufenden Registerwalzenseite auf, die zu einer zusätzlichen Entwässerungswirkung führt, die mit dem Quadrat der Siebgeschwindigkeit wächst und sich mit dem Registerwalzen-Radius vergrößert. *Müller-Rid* [74] definiert diese Entwässerungsleistung mit einer Formel,

$$q = kv^2R$$

in der k eine Konstante darstellt, die von der Dichte der Faserstoffsuspension und dem Widerstandskoeffizienten der Bahn abhängig ist. Es soll aber nicht außer acht gelassen werden, daß sich durch sie auch nachteilige Wirkungen ergeben, die die Blattbildung stören. Abgesehen davon, daß das Wasser von der Registerwalze abgeschleudert wird, wird auch ein dünner Flüssigkeitsfilm von der umlaufenden Walze mitgerissen und gelangt in den Spalt zwischen der auflaufenden Walze und dem Sieb. Da ein Ausweichen des Wassers nach unten nicht möglich ist, muß es nach oben durch das Sieb hindurchtreten und beeinträchtigt so die Blattbildung. Da aber gleichzeitig

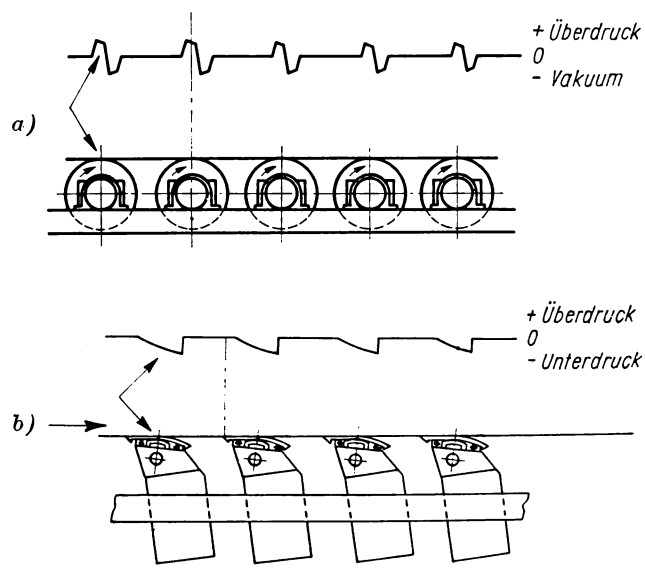


Bild 147. Druckverlauf an
a) Registerwalzen
b) Streichleisten

auch eine geringe Luftschicht durch die Registerwalzen und das Sieb mitgeführt wird, die ebenfalls in den genannten Winkel gelangt, wirkt sich diese insofern nachteilig auf die Blattbildung aus, als auf der ablaufenden Seite dadurch ein Unterdruck entsteht, der zu einem gewissen Durchhang des Siebes führt. Da dieser Unterdruck in kurzen Abständen abreißt, federt das Sieb zurück und verursacht Spritzer auf dem bereits gebildeten Blatt [76]. Die geschilderte Wirkung der Registerwalzen wird im Bild 147 a erläutert.
Die zweckmäßigste Form der Einschränkung der geschilderten Auswirkungen auf die Blattbildung ist die Verwendung von Streichleisten. Wie aus Bild 147 b zu ersehen ist fällt dabei das bei den Registerwalzen auftretende Spritzen, infolge des nicht auftretenden Druckanstieges, weg. Dagegen tritt durch das auch hier entstehende Vakuum ein gewisser Siebverschleiß ein. Am Ende der Registerpartie erreicht das gebildete Blatt einen Trockengehalt von etwa 3,5···5 %.

Schüttelung der Registerpartie

Die Schüttelung der Registerpartie hat den Zweck, die Blattbildung und die Festigkeitseigenschaften positiv zu beeinflussen. Da die Fasern beim Austritt aus dem Stoffauflauf infolge ihrer länglichen Form das Bestreben haben, sich der Strömungsrichtung anzupassen und dieser parallel zu legen, muß dem entgegengewirkt werden. Durch eine intensive Schüttelung in der Querrichtung wird einmal eine Querlagerung und gleichzeitig auch eine Verfilzung der Fasern miteinander erreicht. Damit wird das Verhältnis zwischen Längs- und Querfestigkeit des Fertigerzeugnisses verbessert, d. h. dem Idealzustand, nämlich gleicher Festigkeit in beiden Richtungen, nähergebracht. Auch die idealste Siebschüttelung vermag es aber nicht, den wirklichen Gleichstand zu erreichen. Zwischen Längs- und Querrichtung der Papierbahn wird immer ein Festigkeitsunterschied bestehen. Bild 148 zeigt das Grundprinzip der Siebschüttelung. Die im Schüttelbock (3) erzeugte Hin- und Herbewegung wird über die Schüttelstange (2) auf die an der Antriebsseite angeordnete Registerschiene (1) übertragen. Diese Schiene ist um den mit (II) bezeichneten Drehpunkt schwenkbar. Durch die Brustwalze (4), über eine Quertraverse oder den Siebtisch wird die Schüttelwir-

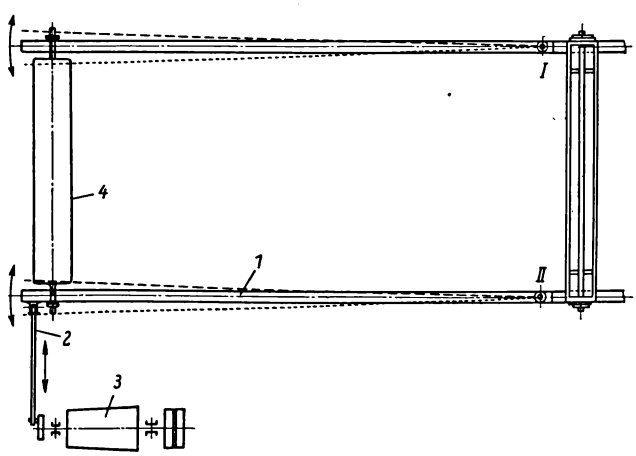


Bild 148. Arbeitsprinzip der Siebschüttelung

kung auch auf die führerseitige Registerschiene, die um den Punkt (I) schwenkbar ist, und dadurch auch auf das Sieb selbst übertragen, wodurch die gewünschte Beeinflussung des noch bildungsfähigen Blattes erreicht wird.
Zu bemerken ist allerdings, daß eine Siebschüttelung nur bei Maschinengeschwindigkeiten von max. 250···300 m/min wirksam ist und oberhalb dieser jede Wirksamkeit verliert. Das hat seine Ursache darin, daß die Blattbildung bei höheren Geschwindigkeiten so schnell vor sich geht, daß auch eine noch so kräftige Siebschüttelung keinen Einfluß auf die Lage der Fasern ausübt.

9.2.2.3. Saugerpartie

Während die Blattbildung ausschließlich im Bereich der Registerpartie liegt und das Blatt je nach Stoffcharakter einen Trockengehalt von etwa 3,5···5 % erreicht, fällt der Saugerpartie die Aufgabe des weiteren Wasserentzuges zu. Auch dieser Vorgang ist ein Filtrationsvorgang. Dabei steigt der spezifische Widerstand gegenüber der Registerpartie an und nimmt mit zunehmendem Entwässerungsgrad ständig zu. Die Entfernung des Wassers aus der Stoffbahn erfolgt durch Anwendung einer Luftdruckdifferenz, die dadurch entsteht, daß im Saugkasten ein Unterdruck erzeugt wird. Bild 149 zeigt das Wirkungsschema eines Saugers in der Figur *a* und ein Saugerschema in der Figur *b*, das Wasser und Luft gemeinsam aus dem Saugkasten abführt und erst außerhalb desselben trennt. Dagegen zeigt die Figur *c* die getrennte Abführung von Wasser und Luft aus dem Saugerkasten. Während das Wasser über das barometrische Fallrohr abgeführt wird, erfolgt der Luftabzug mittels einer Wasserringluftpumpe. Auf den ersten Saugern, die Anzahl ist von dem Mahlungsgrad des Stoffes und damit der Bereitwilligkeit der Wasserabgabe abhängig, wird zum größten Teil Wasser abgeführt. Bei den letzten Saugern dagegen überwiegt der Luftanteil. Durch die Saugwirkung tritt aber nicht nur eine Entwässerung der Bahn, sondern als Folge des Wasserentzuges und des Hindurchsaugens der Luft auch eine Verdichtung des Fasergefüges ein.

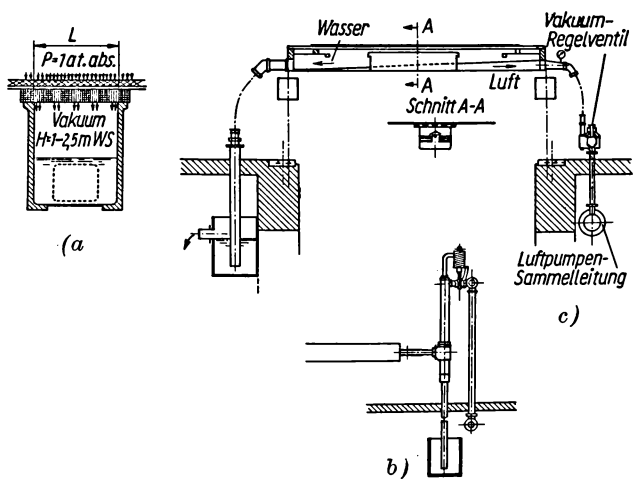


Bild 149. Wirkungsschema eines Saugers

Den auf den Saugern mehr oder weniger groß eintretenden Entwässerungswiderstand betrachtet *Cowan* [77] als von der Stoffdichte abhängig und entwickelt dazu folgende Beziehungen:

$$Q = 60Svh\left(1 - c - \frac{K}{vf}\,2gHL\right).$$

Darin bedeuten:

v = Siebgeschwindigkeit in m/min,
S = Siebbreite in m,
h = variable Bahndicke über dem Sauger in m,
f = Masse der absolut trockenen Stoffbahn in kg/m²,
H = Vakuum im Saugkasten in m WS,
L = Breite der Saugzone in m,
K = Widerstandsfaktor in kp/m³, der den Einfluß der Größe, der Art und des Zustandes der Saugeröffnungen sowie der Stoffeigenschaften (Schmierigkeit, Temrepatur) enthält.

Um einen zu hohen Verlust an Feinstoff zu vermeiden ist es notwendig den Unterdruck so niedrig als möglich zu halten und ihn erst allmählich von Sauger zu Sauger zu steigern. Allerdings soll nicht unerwähnt bleiben, daß die Saugerarbeit auch einen

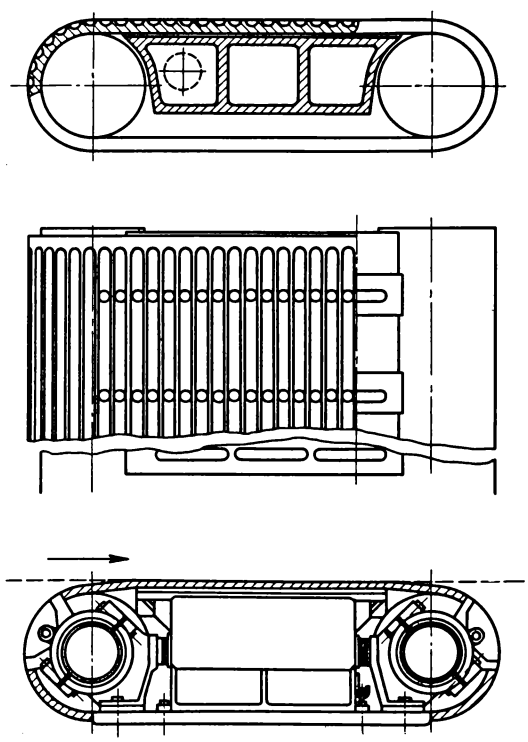


Bild 150. Rotabelt- und Flovac-Saugkasten

nicht unbedeutenden Einfluß auf den Verschleiß des Siebes hat. Dieser entsteht einerseits durch die auftretende Reibung zwischen Saugerleiste und Sieb sowie durch die wechselnde Druckbeanspruchung, die beim Lauf über die Sauger entsteht, wobei Drahtbrüche eintreten. Um diese Erscheinungen zu mindern hat man entsprechende Saugerkonstruktionen entwickelt. Hierzu gehören die Rotabelt oder auch Flovac-Sauger wie sie im Bild 150 gezeigt werden. Dieser Sauger ist als endloses, umlaufendes Band ausgebildet, das sich zwischen dem Saugkasten und dem Sieb bewegt. Dieses Band, das meist aus Gummi besteht, ist mit Querrillen versehen, in die wiederum Löcher gestanzt sind, durch die das Wasser hindurch gezogen werden kann. Diese und ähnliche Konstruktionen waren zunächst für kleine und mittlere Geschwindigkeiten gedacht. Sie sind jedoch so weiterentwickelt, daß sie auch schon siebsparend bis zur höchsten Geschwindigkeit im Einsatz sind. Am Ende der Saugerpartie erreicht das Blatt einen Trockengehalt von etwa 12 %. Ein anderes Mittel zur Verringerung des hohen Siebverschleißes ist die in letzter Zeit bekannt gewordene Entwicklung extrem harter Saugerbeläge, die einen sehr geringen Reibungswiderstand gegenüber dem laufenden Sieb haben. Nach Literaturangaben hat man durch den Einsatz solcher Beläge erhebliche Steigerungen der Sieblaufzeiten erreicht, so daß die noch vorhandenen relativ hohen Anschaffungskosten für derartige Beläge wieder ausgeglichen werden können.

9.2.2.4. Regulierung des Siebes

Das Sieb soll stets möglichst genau in der Mitte der Walze laufen. Da aber auch die Siebe, die sehr gewissenhaft hergestellt wurden, die Neigung haben, nach einer Seite zu verlaufen, ist es notwendig, eine Siebregulierung vorzusehen. Die Lenkung des Siebes erfolgt mit Hilfe einer Regulierwalze, die unbedingt in einem stumpfen Winkel des Sieblaufes liegen muß. Bei einem zu spitzen oder auch zu flachen Winkel wird eine Regulierung nicht wirksam. Die Regulierwalze wird auf der Antriebsseite in einem um einen Punkt drehbaren Lager untergebracht. Auf der Führerseite befindet sich dagegen ein verschiebbares Lager, das nach beiden Seiten verschoben werden kann. Durch diese Art der Lagerung kann die Regulierwalze beliebig zum Sieb verschoben werden. Sofern das Sieb nach der Führerseite verläuft, ist das Regulierlager in Laufrichtung des Siebes zu verstellen. Das Sieb gleitet dann an der schrägen Walzenkante ab und verläuft in Richtung Antriebsseite. Im umgekehrten Falle ist entgegengesetzt zu verfahren. Die Regulierung des Sieblaufes erfolgt bei älteren und langsamlaufenden Maschinen von Hand. Dagegen ist bei schnellaufenden Maschinen die Anwendung eines automatisch arbeitenden Sieblaufreglers erforderlich. Als Sieblaufregler verwendet man heute solche, die hydraulisch oder pneumatisch gesteuert werden. An der Siebkante schleift ein Fühler, über den der notwendige Impuls auf den eigentlichen Regler gegeben wird. Es ist noch zu erwähnen, daß pneumatisch arbeitende Sieblaufregler betriebssicherer sind als hydraulische, weil sich Verunreinigungen der Steuerorgane vollkommen vermeiden lassen. Zur Siebschonung wurde ein Sieblaufregler entwickelt, der ohne Tasterplatte arbeitet und dadurch den Siebrand schont, da er mit Wasserstrahltaster und servomotorischen Bewegungen des Regulierungsschlittens arbeitet. Die Eigenart dieses Wasserstrahlreglers veranlaßt zusätzlich ein leichtes Hin- und Herpendeln des Siebes, verhindert dadurch ein Einschleifen in die Sauger und trägt zur längeren Haltbarkeit der Siebe bei. Es handelt sich hierbei um den Voith-Askaniaregler.

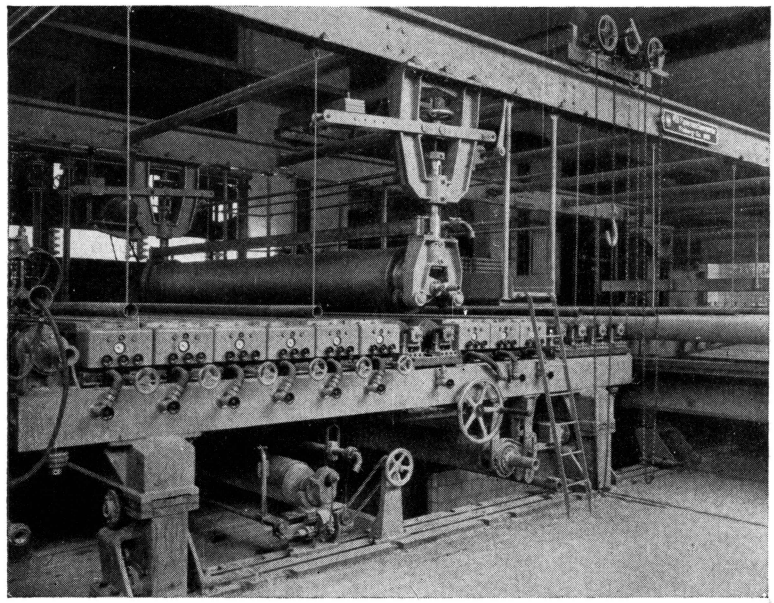


Bild 151. Ausfahrbare Siebpartie

9.2.2.5. Wechseln des Siebes

Ein Langsieb ist ein durch eine Naht endlos gemachtes Siebtuch. Aus diesem Grunde bedarf es auch einiger Ausführungen über das Wechseln des Siebes. Während bei älteren Siebpartien infolge ihrer Konstruktion beim Neueinziehen eines Siebes sämtliche im Sieb liegenden Walzen, Sauger, Siebschiffe usw. ausgebaut und nach dem Einziehen wieder eingebaut werden mußten, ist dieses Problem bei modernen Maschinen konstruktiv besser gelöst. Entweder verwendet man eine Siebpartie, die insgesamt ausgefahren werden kann, oder eine „Cantilever-Siebpartie". Bild 151 zeigt eine Langsiebpartie, deren Register- und Saugerpartie getrennt ausfahrbar ist. Die ausfahrbare Siebpartie stellt einen bedeutenden Fortschritt in der Entwicklung dar. Außer der Gautschwalze kann die gesamte Siebpartie mit allen Einbauten komplett ausgefahren, das neue Sieb zwischen Brust- und Gautschwalze gespannt und die Siebpartie wieder eingefahren werden. Dadurch verkürzen sich die Siebwechselzeiten bedeutend.

Die neueste Entwicklung auf diesem Gebiet ist die „Cantilever-Siebpartie", wie sie im Bild 152 gezeigt wird. Die Konstruktion ist so gestaltet, daß die gesamte Langsiebpartie während des Siebwechsels in der Maschine belassen wird. Nur der führerseitige Rahmen und die Stuhlungssäulen werden entfernt. Der gesamte Siebrahmen wird durch antriebsseitige Ständer in der Waage gehalten. Das Sieb wird außerhalb der Siebpartie zunächst auf einen besonders hierfür vorhandenen Einfahrwagen aufgesteckt und von diesem mittels Winde auf die Siebpartie aufgezogen, wie dies im Bild deutlich erkennbar ist. Mit dieser Siebwechselvorrichtung ist es möglich, den Siebwechsel in kürzester Zeit durchzuführen.

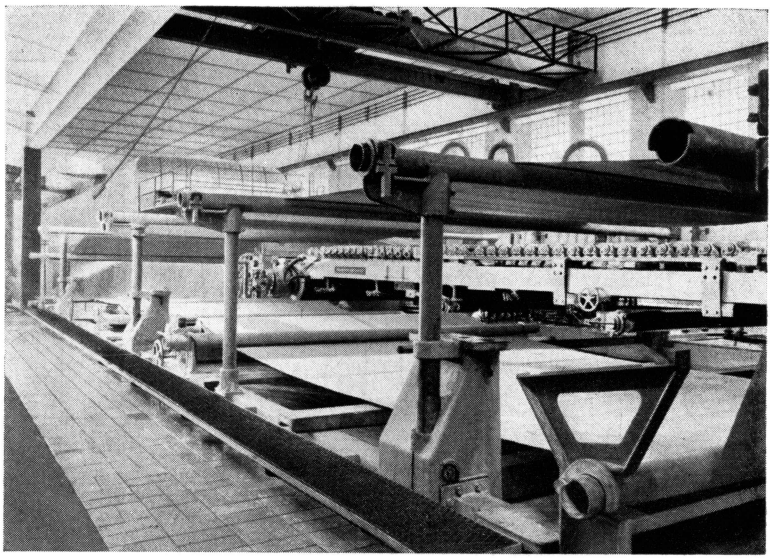


Bild 152. Cantilever-Siebpartie mit Aufziehvorrichtung

9.2.3. Inverform-Siebpartie

Betrachtet man die Langsieb- und auch die Rundsiebpartie, so kommt man zu der Feststellung, daß diese sich in den Jahren seit ihrer Erstkonstruktion in den Grundprinzipien nicht grundlegend verändert haben. Groß waren besonders die Bestrebungen, die Beschränkungen zu überwinden, die das Rundsieb infolge seiner Konstruktion hinsichtlich der Leistung mit sich bringt. Wenn auch gewisse Erfolge hinsichtlich der Zylinderkonstruktion, der Arbeitsgeschwindigkeit und der Arbeitsbreite erzielt wurden, so ist der entscheidende Durchbruch noch nicht gelungen. Der Vorteil des Rundsiebes liegt darin, daß mit ihm hochwertige, mehrlagige Kartons und Pappen erzeugt werden können. Interessant ist deshalb eine Neukonstruktion, die in den letzten Jahren bekannt geworden ist und die eigentlich eine Kombination zwischen Langsieb und Rundsieb darstellt. Die „Inverform-Siebpartie", die im Bild 153 gezeigt wird, arbeitet nach folgendem Prinzip: Über einem Langsieb bekannter Konstruktion ist ein Obersieb (7) angeordnet. Die Stoffsuspension läuft durch die Auslaufdüse des Stoffauflaufes (1) unmittelbar vor der Berührungslinie zwischen Ober- und Untersieb auf letzteres auf. Innerhalb des Obersiebes läuft an der Berührungslinie der Siebe der sogenannte Blattbildungszylinder (2). Das Untersieb (8) wird an dieser Stelle durch zwei Registerwalzen (3) gegen den Blattbildungszylinder gestützt. Der Blattbildungszylinder ist eine mit einem Sieb bespannte offene Zellenwalze. Innerhalb des Obersiebes befindet sich direkt hinter der Blattbildungswalze ein Saugschlitz (4), der leicht gegen die Innenkante des Untersiebes drückt und aus einem schräg geneigten, elastischen Schaberblatt aus Schichtpreßstoff besteht. Das nach oben durchtretende Wasser wird durch diesen Schaber abgestreift und in einen Auffangkasten geleitet, aus dem es abgesaugt wird. Da die Hauptmenge des ausgepreßten Wassers nach oben austritt, folgen diesem Schaber umgekehrt angeordnete Saugkästen (5).

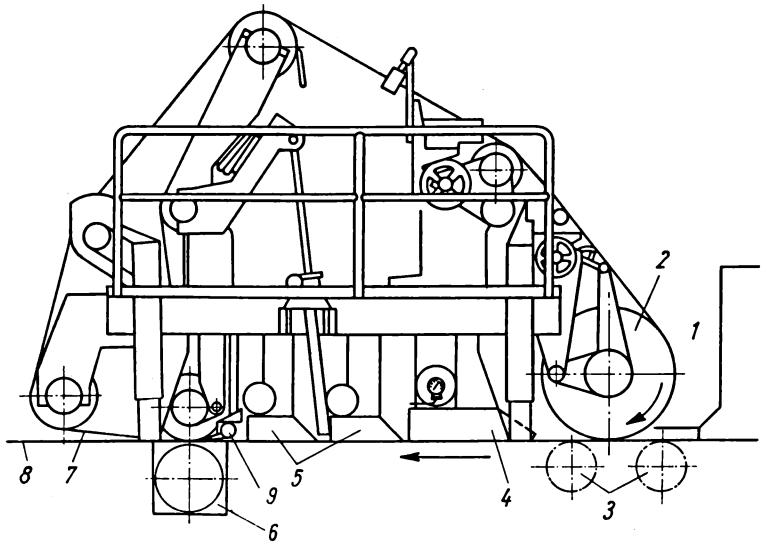


Bild 153
Inverform-Einheit

Ihnen schließt sich eine Saugpresse (6) an, die durch einen Kasten gegen das Untersieb abgedichtet ist. An der Oberkante des Kastens befinden sich vorn und hinten Wasserabläufe, damit ein Abheben der Bahn von dem Untersieb vermieden wird. In dem Einlaufspalt dieser Presse ist außerdem ein Schnabelsauger (9) angeordnet.
Entsprechend der zu arbeitenden Kartonsorte können mit der soeben beschriebenen Siebanordnung auf einem Untersieb mehrere Obersiebe mit jeweils einem eigenen Stoffauflauf angeordnet und ein mehrlagiger Karton erzeugt werden. Wie aus Bild 154 zu ersehen ist, sind vier Siebe vorhanden. Die Stoffaufläufe sind für Auflaufkonsistenzen von über 1 % konstruiert. Die Länge der Obersiebe beträgt etwa 12,20 m und die Breite 3,56 m. Das Untersieb ist 61 m lang. Die Blattbildungswalze ist sehr stabil gebaut, besteht aus rostfreiem Stahl und wird mit einem 14maschigen Drahtgewebe bezogen. Auf einer z. Z. in England laufenden derartigen Maschine werden vierlagige Kartonsorten, wie weißgedeckte Maschinengraupappe, Streichrohkarton und Manilakarton, mit den Massen zwischen 215···390 g/m² erzeugt. Die Stoffdichten im Stoffauflauf liegen bedeutend höher als bei den herkömmlichen Lang- und Rundsiebmaschinen. Sie betragen bei kurzfaserigen Stoffen 1,5···1,8 % und bei langfaserigen Stoffen 0,7···1,1 %. Diese hohen Stoffkonsistenzen haben den Vorteil, daß geringe Wassermengen auf dem Sieb entfernt werden müssen und eine bessere Faserverteilung in der Stoffsuspension erreicht wird. Nach den in der Literatur [78] gemachten Angaben läuft die Maschine mit einer Geschwindigkeit von 428 m/min und stellt eine vierlagige Bahn her. Dabei wird auf der ersten Abteilung mit einer Masse von etwa 270 g/m² gearbeitet. Das bedeutet also, daß mit Massen bis zu 630 g/m² gearbeitet werden kann.

9.2.4. Vorpressenpartie

Unmittelbar nach der Rundsiebpartie folgt zunächst eine Vorpressenpartie, auf der weitere Wasseranteile aus dem starken Faserfilz entfernt werden. Außerdem erfolgt

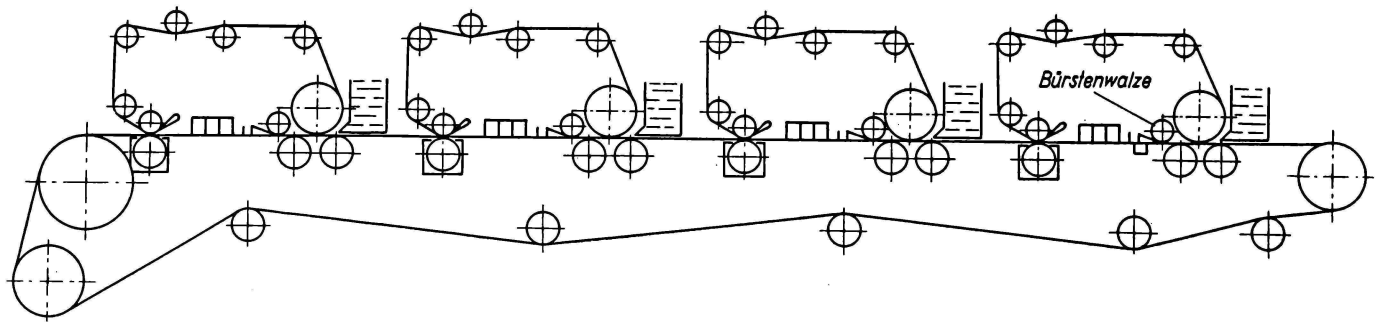


Bild 154. Inverform-Siebpartie mit vier Obersieben

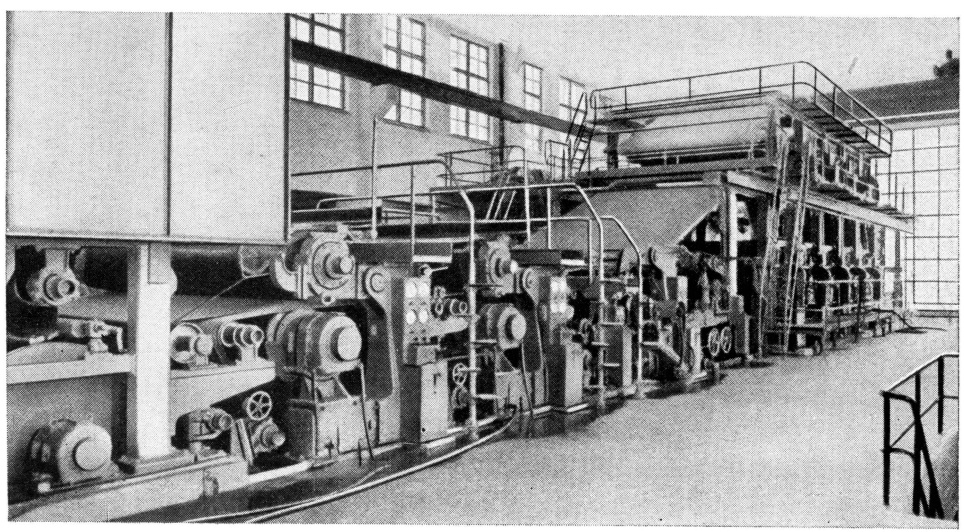


Bild 155. Vorpressenpartie, über einer Rundsiebpartie angeordnet

eine Verdichtung des Kartons bzw. eine bessere Verbindung der einzelnen Lagen untereinander. Bei den verhältnismäßig hohen Arbeitsgeschwindigkeiten, mit denen heute Kartonmaschinen laufen, die bereits zwischen 120···180 m/min erreichen, ist es erforderlich, ein sehr wirksames System der Wasserentfernung zu entwickeln, wozu die früher üblichen Vorpressenpartien in keiner Weise in der Lage sind. Um eine gute Vorentwässerung zu erzielen, sind die Rundsiebe mit Abgautschwalzen ausgerüstet, die einen hohen Liniendruck haben. Zusätzlich sind Quetschwassersauger zur Wasserabführung eingebaut, so daß am Ende der Rundsiebpartie Trockengehalte von 15···18 % möglich sind. Die Vorpressenpartien sind in den unterschiedlichsten Formen angeordnet. Sehr verbreitet ist die im Bild 155 gezeigte Anordnung. Hier liegen die Vorpressen über die Rundsiebpartie, was sich sehr platzsparend auswirkt. In diesem Falle läuft die Rundsiebpartie rückwärts. Das bedeutet, daß das erste Rundsieb der Gautsche oder bei kombinierten Maschinen dem Langsieb am nächsten steht. Dagegen befindet sich das letzte Rundsieb am Anfang der gesamten Kartonmaschine. Der Abnahmefilz wendet also mit der Stoffbahn hinter dem letzten Rundsieb und läuft über den Rundsieben durch die Vorpressenpartie.

Wie aus der Schemazeichnung im Bild 156 zu ersehen ist, wird beim Einlauf in die Vorpressenpartie ein Obertuch zugeführt, das den Zweck hat, besonders bei dünnen Sorten das Verdrücken der Kartonbahn zu vermeiden und andererseits den Entwässerungsprozeß zu beschleunigen. Um eine intensivere Entwässerung als mit den Vorpressen zu erzielen, verwendet man Saugpressen, die mit Planpressen abwechselnd angeordnet sind. Im vorliegenden Fall ist die erste und die vierte Presse als Saugpresse ausgebildet.

Eine andere Konstruktion, bei der die Vorpressenpartie ebenfalls über der Rundsiebpartie liegt, verwendet eine andere Reihenfolge der einzelnen Pressenarten. Wie aus dem Bild 157 ersichtlich ist, ist die erste Presse eine Saugpresse, der zwei Planpressen

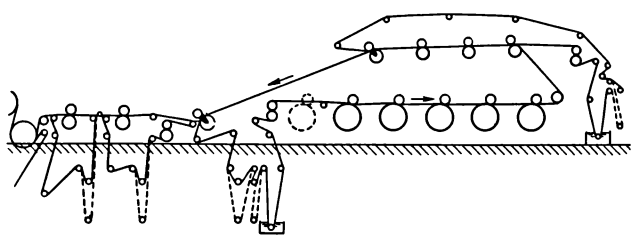


Bild 156. Schema einer Rundsiebpartie mit zwei Saug- und zwei Walzenvorpressen

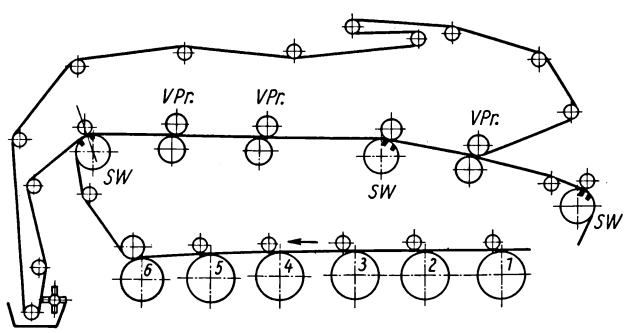


Bild 157. Rundsiebpartie mit darüberliegender Vorpressenpartie

und eine weitere Saugpresse nachgeordnet sind. Im Schlußteil der Vorpressenpartie liegt dann eine Plan- und ganz am Schluß eine Saugpresse. Je nach zu arbeitender Kartondicke führt man das Obertuch durch drei oder auch mehr Pressen, um ein Verdrücken der Bahn zu vermeiden. Während bei niedrigen Geschwindigkeiten die herkömmlichen Vorpressenpartien, die je nach Erfordernis mit sechs bis zehn Planpressen ausgerüstet waren, ausreichten, um den gewünschten Entwässerungseffekt zu erzielen – es wurden damit Trockengehalte bis maximal 26 % erzielt –, reichen die Planpressen bei den heutigen Geschwindigkeiten nicht mehr aus.
Die Wasserentfernung aus der Kartonbahn ist nicht nur eine Funktion des Liniendruckes in der Presse, sondern auch eine Funktion der Maschinengeschwindigkeit. Je schneller eine Maschine läuft, um so kürzer ist der Zeitraum der Presseneinwirkung. Dabei handelt es sich um bis zu hundertstel Sekunden, in denen die mechanische Pressung gegenüber dem Karton wirksam werden kann. Um so wichtiger ist es, ein wirksames System der Wasserentfernung vorzusehen. *Karl Schmidt* [79] schreibt dazu, daß sich bei der Planpresse am Walzeneinlauf eine Zone wassergesättigten Filzes bildet (Bild 158). Da diese Zone stationär ist und sich der Filz mit der Geschwindigkeit der Maschine vorwärtsbewegt, muß das Wasser im Filz in dieser Zone mit der Laufgeschwindigkeit rückwärts laufen. Hierfür muß das Gewebe so beschaffen sein, daß es diesen Rücklauf zuläßt. Das Pressenwasser, das infolge Sättigung des Filzes aus diesem vor dem Presseneinlauf austritt, läuft entgegen der Walzendrehrichtung ab. Damit ist bereits gesagt, daß die Planpresse auf niedrige Geschwindigkeiten begrenzt bleibt. Wenn auch bei Rundsiebkartonmaschinen nicht so hohe Geschwindigkeiten vorkommen, so ist doch zu beachten, daß man heute in sehr vielen Fällen zur Kartonherstellung bereits Langsiebmaschinen mit Sekundärstoffauflauf verwendet. Diese Maschinen arbeiten mit bedeutend höheren Geschwindigkeiten. Es ist weiter in Betracht zu ziehen, daß es sich bei Karton um ein verhältnismäßig starkes Fasergefüge handelt, aus dem das Wasser zu entfernen ist. Man wendet deshalb auch in den Vorpressenpartien bereits Saugpressen an, damit das ausgepreßte Wasser am Presseneinlauf durch eine Luftströmung senkrecht zur Laufrichtung (Bild 159) abgezogen wird. Damit schaltet man einen Rücklauf des ausgepreßten Wassers in den Filz weitgehend aus, wodurch letzterer eine hohe Aufnahmefähigkeit erhält. Das bedeutet, daß

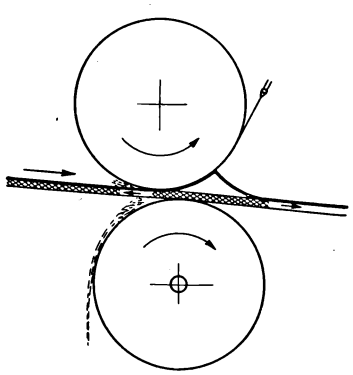


Bild 158. Wirkungsweise der Wasserentfernung bei Planpressen

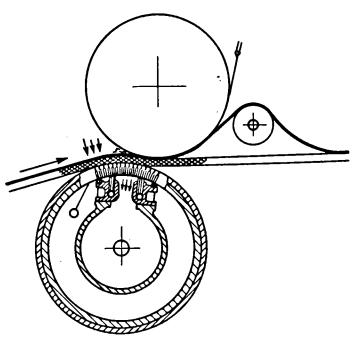
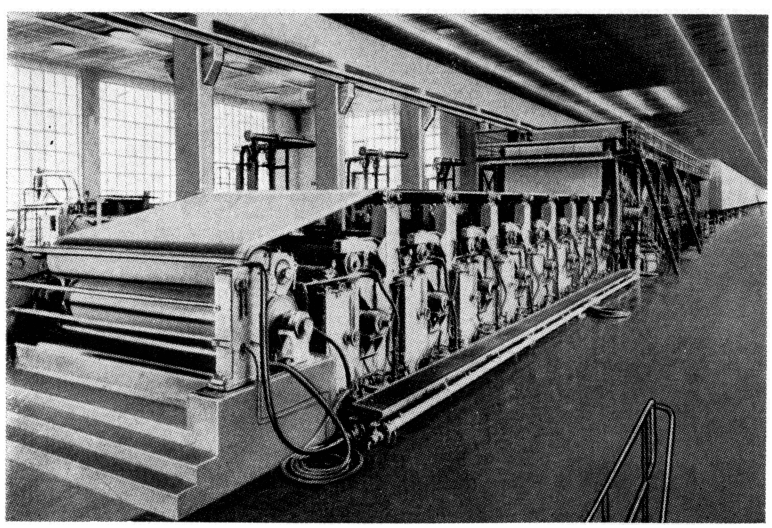


Bild 159. Wirkungsschema der Wasserentfernung bei Saugpressen

je nach Geschwindigkeit der Kartonmaschine und der Dicke der Kartonbahn eine entsprechende Anzahl Saugpressen vorhanden sein muß. Ausschlaggebend für die Anordnung und die Anzahl der Saugpressen ist auch der Charakter des zu verarbeitenden Stoffes. Die Saugpresse bietet auch den Vorteil, daß die Anzahl der Vorpressen verringert werden kann. Eine andere Form der Anordnung der Vorpressenpartie ist die im Anschluß an die Rundsiebpartie. Dabei werden ebenfalls die unterschiedlichsten Laufrichtungen der Rundsiebpartie gewählt. Sie kann sowohl rückwärts als auch vorwärts laufen. Für die Laufrichtung läßt sich also kein Schema festlegen. Vorteilhaft erscheint allerdings der Rückwärtslauf deshalb, weil der Kartonbahn dabei die Gelegenheit gegeben ist, den Trockengehalt in der Gesamtheit auszugleichen bzw. eine Nachentwässerung nach den Rundsiebgautschen durch den Filz zu erreichen. Ein weiterer Vorteil des Rückwärtslaufes ist auch die Erzielung einer möglichst großen Gleichmäßigkeit von Ober- und Unterseite. Eine nicht unbedeutende Rolle spielt außerdem die Form der Aufstellung der Maschine, wie das z. B. bei kombinierten Kartonmaschinen der Fall ist, bei denen die beiden Siebpartien entweder übereinander oder hintereinander aufgestellt werden können. Auch hierfür gibt es kein Schema. Man muß vielmehr von Fall zu Fall entscheiden.
Bild 160 zeigt eine Vorpressenpartie, die hinter der Rundsiebpartie angeordnet ist. In diesem Falle läuft die Rundsiebpartie, wie aus dem Bild ersichtlich ist, rückwärts. Das bedeutet, daß der letzte Zylinder am Anfang der Kartonmaschine steht. Auf jeden Fall erscheint es bei gemischter Pressenanordnung zweckmäßig, eine Saugpresse an die erste Stelle zu setzen. Das hat den Vorteil, daß sich die Luft, die sich eventuell noch zwischen den einzelnen Schichten befindet, entfernen läßt und dadurch eine Blasenbildung, die zum Spalten des Kartons führen kann, eingeschränkt wird. Man verbindet in diesem Falle zwei Effekte miteinander. Eine Form der Entwässerung, die man in Kartonmaschinen noch oft findet, ist die mittels Extraktorwalze. Hierbei handelt es sich, besser gesagt, um eine Vorgängerin der Saugwalze, die schon früh-



Blid 160. Rundsiebpartie mit nachgeordneter Vorpressenpartie

zeitig in Kartonmaschinen verwendet wurde. Auch heute findet man sie noch an den verschiedensten Stellen der Naßpartie. Oftmals ist sie bei rückwärts laufenden Rundsiebpartien als Entwässerungselement an der Stelle angeordnet, an welcher der Abnahmefilz hinter dem letzten Rundsieb wendet und zurückläuft. Allerdings ist der Effekt, der an dieser Stelle mit einem Extraktor erzielt wird, nicht besonders hoch. Zweckmäßiger ist es, an dieser Stelle bereits eine Saugwalze ohne Oberwalze einzubauen, weil deren Wirkung viel größer ist als die einer Extraktorwalze. Außerdem kann der Grad der Absaugung bedeutend feinfühliger und exakter reguliert und dem Stoffcharakter angepaßt werden. In älteren Kartonmaschinen verwendet man die Extraktorwalze bereits anstelle von Planpressen und auch in Kombination mit diesen. Die Extraktorpresse besteht aus einem stabilen Rundsiebzylinder, der an beiden Seiten offen ist, und einer aufliegenden Anpreßwalze mit einem Gummibezug von 80 bis 90 Plastometerpunkten. Diese Anpreßwalze kann mittels Hydraulik be- und entlastet werden. Die Abführung des Wassers erfolgt ohne Anwendung von Vakuum an den beiden Stirnseiten im freien Ablauf. Eine Sonderkonstruktion der Extraktorpresse ist der Saugextraktor. Bei diesem ist über dem beschriebenen Siebzylinder anstelle einer Gummiwalze eine Saugwalze vorhanden. Man erreicht mit dieser Konstruktion eine doppelte Wirkung und eine feinfühlige Entwässerung und Verdichtung der Kartonbahn.

9.2.5. Gautsche

Zur weiteren Entwässerung der Kartonbahn dient die der Vorpressenpartie nachgeschaltete Gautsche. Hier wird dem noch weichen und relativ viel Wasser enthaltenden Vlies weiteres Wasser entzogen. Um einmal eine Beschädigung der Bahn zu vermeiden, andererseits aber auch dem Erzeugnis den vorgesehenen Charakter zu geben, muß dieser Wasserentzug mit der notwendigen Feinfühligkeit erfolgen. Das ist besonders bei dicken Erzeugnissen zu beachten, damit ein Verdrücken und Verschieben der einzelnen Lagen vermieden wird. Hier gibt es zwei Konstruktionen, die auch heute noch eingesetzt sind. Besonders ältere Kartonmaschinen haben noch immer die herkömmliche Gautschpresse, die auch als Walzengautsche bezeichnet wird. Um das bereits angedeutete Verdrücken zu vermeiden und eine allmähliche Pressung zu erhalten, ordnet man die Walzen nicht senkrecht übereinander, sondern im Walzenmittel versetzt gegeneinander an. Das heißt, daß die obere Gautschwalze entgegen der Laufrichtung zurückgesetzt wird. Im Bild 161 ist das Schema der Vorpressung

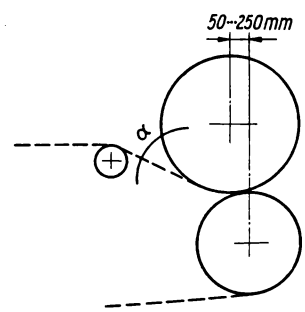


Bild 161. Schematisierte Darstellung der Vorpressung und des Vorgautschwinkels

und des Vorgautschwinkels erläutert. Damit wird die nasse Bahn bereits vor der Berührungslinie der beiden Preßwalzen an die obere Walze herangeführt und durch den Filzzug gegen die Oberwalze die erste Preßwirkung erreicht. Die Oberwalze steht also in Vorgautschstellung. Den so zwischen dem Filz und der oberen Gautschwalze gebildeten Winkel bezeichnet man als Vorgautschwinkel (α). Dieser Vorgautschwinkel läßt sich dadurch verändern, daß die obere Walze, die in Schiebelagern ruht, in Laufrichtung verschoben werden kann. Man ist damit in der Lage, die Vorgautschung dem Zustand des Stoffes anzupassen. Je schwerer ein Stoff entwässert, um so größer ist der Vorgautschwinkel einzustellen. Um eine elastische Pressung zu erhalten, ist die Oberwalze mit einem Manchon bespannt. Die untere Walze dagegen läuft nackt. Der auf der Oberwalze befindliche Manchonbezug erfordert ein ständiges Sauberhalten und Glattstreichen, was mit der Manchonbürste und der Kittnerwalze erfolgt.

Der Kittnerschaber besteht aus einer gußeisernen Walze, die einen Weichgummibezug von 80 bis 95 Plastometerpunkten hat. Je nach Breite der Maschine beträgt der Durchmesser 180···300 mm. Die auf dem Manchon befindlichen Unreinheiten werden zunächst von der Manchonbürste und dem davor befindlichen Spritzrohr gelockert und anschließend durch den Kittnerschaber abgenommen, von dem sie ein Holzschaber abstreicht.

Bei neueren Maschinen, außer solchen, bei denen es auf wirkliches Gautschen ankommt, z. B. nach einer Rundsiebpartie oder einer Mehrlangsiebmaschine ohne Vorpressenpartie, hat die Saugwalze die Gautschpresse verdrängt. Auch hier spielen die gleichen Erwägungen eine Rolle, die bereits bei der Vorpressenpartie erläutert wurden. Man kann bei der Saugwalze von einer Gautschpresse im hergebrachten Sinn nicht mehr sprechen, weil die Entwässerung der Bahn nicht mehr durch Pressung zwischen zwei Walzen, sondern durch die Druckdifferenz zwischen der Atmosphäre und dem Vakuum im Saugkasten erfolgt (Bild 162). Die auf der Saugwalze laufende Andruckwalze hat allerdings eine ähnliche Aufgabe wie die Oberwalze der alten Walzengautsche. Sie verdichtet die Bahnoberfläche, erhöht durch ihr Vorhandensein das Vakuum und dadurch die Entwässerungsleistung der Saugwalze.

Die Verwendung der Saugwalze als Gautsche bringt gegenüber der Gautschpresse wesentliche Vorteile, die vor allem in der Vereinfachung im gesamten Aufbau liegen. Zum anderen senkt der Wegfall der oberen Gautschwalze die Bespannungs- und Reparaturkosten. Es entfällt auch das bei Walzengautschen häufig auftretende Klebenbleiben der Bahn, das oft zu Bahnbrüchen führt. Darüber hinaus fällt auch das Verdrücken und Verschieben der Kartonbahnen gegeneinander weg, und vor allem bei höher ausgemahlenen Stoffen und dickeren Kartonbahnen erzielt man eine bessere Entwässerung und damit höhere Trockengehalte, auch in bezug auf die Gleichmäßigkeit über die gesamte Bahnbreite. Man unterscheidet bei den Saugwalzen zwei Konstruktionsrichtungen, und zwar einmal die Vielkammersaugwalze, die auch Saugzellenwalze genannt wird, und die Kastensaugwalze.

Die Vielkammer- oder Saugzellenwalze wird meist dort eingesetzt, wo mit Geschwindigkeiten von 200···220 m/min und Siebbreiten von maximal 3300 mm gefahren wird. Auf dem gesamten Walzenumfang sind Saugzellen angebracht, die parallel zur Walzenachse verlaufen. Die Zellen sind nach der Stirnseite zu offen. Der Saugzellenkörper wird von einem gelochten oder geschlitzten Mantel umgeben. Seitlich an der Walze sind Saugköpfe angebracht, an denen die Saugzellen bei der Drehung der Walze vorbeigleiten. Diese Saugköpfe sind in mehrere Zonen eingeteilt, so daß ein großer

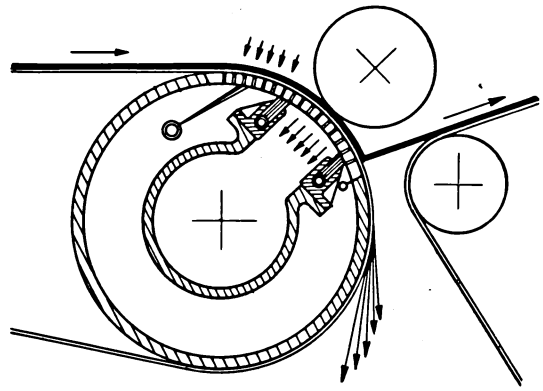


Bild 162
Wirkungsschema einer Siebsaugwalze

Saugsektor vorhanden ist, der sich auf fast ein Viertel des gesamten Umfanges erstreckt. Mit diesem kann die Höhe des Unterdruckes von der ersten bis zur letzten Zone gesteigert werden. Dadurch wird der Ansatz plötzlich auftretenden hohen Unterdruckes vermieden, und es kann eine sehr sanfte Absaugung erfolgen.
Um eine leichte Bahnabnahme zu erzielen, werden die letzten Zellen der Saugzone gegen die Saugwirkung abgedeckt und sogar belüftet. Durch diese Bauart in der Absaugung wird der Anwendungsbereich in bezug auf Geschwindigkeit und Breite eingeschränkt. Das hat seine Ursache darin, daß bei höheren Geschwindigkeiten und Breiten die Zeit zum Evakuieren der Zellen und die Erzielung eines gleichmäßigen Vakuums über die gesamte Bahnbreite nicht mehr ausreichend ist, weil die Zellen beim Erreichen der Saugzone stets neu evakuiert werden müssen.
Für größere Arbeitsbreiten und Geschwindigkeiten verwendet man deshalb die im Bild 162 gezeigte Kastensaugwalze. Diese Walze hat innerhalb des umlaufenden Walzenmantels einen starr angebrachten Saugkasten. Um den Kasten gut abzudichten, wird er mittels Dichtleisten gegen den Innenmantel gepreßt, was entweder mit Federn oder mittels Preßluft erfolgt. Dieser Saugkasten wird in Breiten von

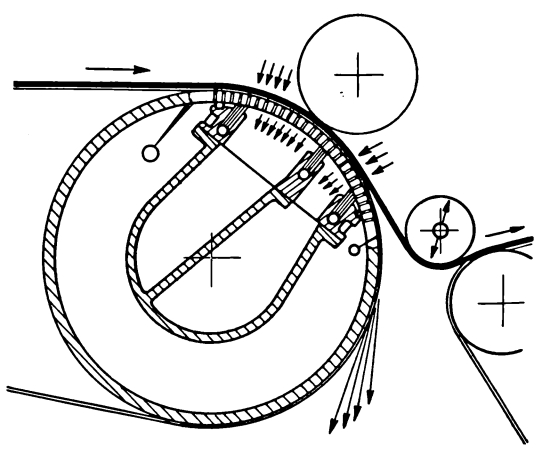


Bild 163
Wirkungsschema
einer Doppelkastensaugwalze

100····250 mm gebaut. Das Vakuum liegt bei 6,5···7,5 m WS. Eine Weiterentwicklung dieser Kastensaugwalze ist eine Walze, in die ein Doppelsaugkasten eingebaut ist. Diese Doppelkastensaugwalzen werden vor allem dort eingesetzt, wo mit hohen Geschwindigkeiten gearbeitet wird.
Eine solche Doppelkastensaugwalze (Bild 163) gestattet die Einstellung eines abgestuften Vakuums. Die erste Kammer hat eine Breite von 200···300 mm bei einem Vakuum von 5,5 m WS. Die zweite Kammer dagegen ist 100···175 mm breit und arbeitet mit einem Vakuum von 7···8,5 m WS. Mit diesem stufenweisen Feuchtigkeitsentzug ist eine Erhöhung des Trockengehaltes an der Abnahme und damit ein störungsfreies Arbeiten möglich. Neben der Entwässerung der nassen Bahn hat die Gautsche noch die Aufgabe, den Antrieb des Siebes zu gewährleisten. Ist die Gautsche im Abnahmefilz der Kartonmaschine eingebaut, hat sie auch dort den Antrieb zu übernehmen.

9.2.6. Pressenpartie

Die Hauptaufgabe der Pressenpartie besteht darin, die Kartonbahn weiter zu entwässern und die Güte der Oberfläche des Erzeugnisses zu verbessern. Durch die Pressung nimmt im allgemeinen die Festigkeit, aber auch die Dichte des Kartons und sein Trockengehalt zu. Das Verdichten hat bei mehrlagigen Kartonsorten einen nicht unwesentlichen Einfluß auf das Zusammenhalten der einzelnen Lagen, sofern nicht bereits in der Rundsieb- oder Langsiebpartie grundsätzliche Fehler entstanden sind, die in der Pressenpartie nicht mehr ausgeglichen werden können. Die Erhöhung des Trockengehaltes hat aber auch einen wesentlichen Einfluß auf die Belastung und Leistung der Trockenpartie, deren Dampfverbrauch und damit Wirtschaftlichkeit. Grundsätzlich ist anzustreben, den Trockengehalt auf der gesamten Naßpartie so weit wie möglich zu erhöhen und die Kartonbahn mit dem niedrigsten möglichen Feuchtigkeitsgehalt in die Trockenpartie zu führen. Dabei müssen allerdings die notwendigen Voraussetzungen für die Erreichung der Qualitätsmerkmale beachtet werden, d. h., daß die Pressung auch nicht übertrieben werden darf. Der durch hohe Pressung ent-

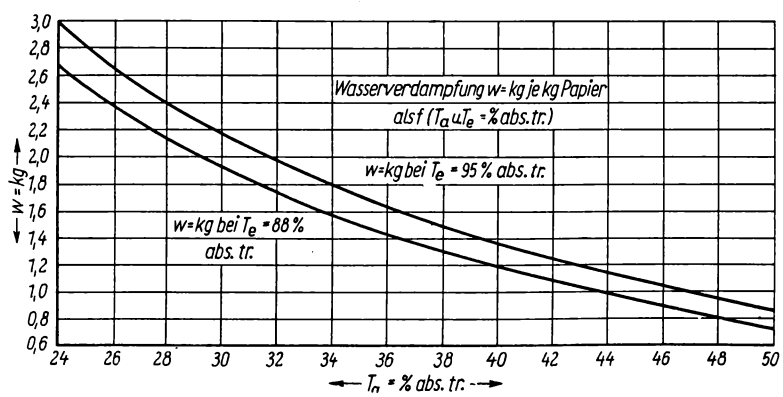


Bild 164. Einfluß des Eingangs-Trockengehaltes auf die Wasserverdampfung in der Trockenpartie

stehende Mehraufwand an Antriebsenergie wird oft durch eintretende Dampfersparnis und die mögliche höhere Leistung der Trockenpartie und damit der gesamten Maschine wieder aufgehoben. Welchen Einfluß der Trockengehalt eines Kartons am Ende der Naßpressenpartie auf die Wasserverdampfung je kg fertigen Kartons hat, wird in nachstehendem Diagramm sehr eindeutig nachgewiesen (Bild 164).
Allerdings sollte man nicht außer acht lassen, daß die Entwässerungsleistung einer Pressenpartie durch gewisse Faktoren begrenzt ist. Zu diesen Faktoren gehören im wesentlichen der für das Erzeugnis vertretbare Liniendruck, die Möglichkeit der Wasserabführung und der Einfluß der Pressenarbeit auf den Naßfilzverbrauch, der bei Anwendung zu hoher Preßdrücke zu überhöhten Filzkosten führen kann. Eine wesentliche Verbesserung der Pressenarbeit ergibt sich deshalb zweifellos durch die Anwendung von Saugpressen, weil mit diesen hohe Leistungen zu erzielen sind und die geschilderten hemmenden Faktoren sehr stark positiv beeinflußt werden können. Bezüglich der Anwendung von Plan- und Saugpressen sei hier auf das unter Ziffer 9.2.4. über die Vorpressen Gesagte hingewiesen.
Wie wesentlich die geschilderten und weitere Faktoren sich auf die Entwässerungsleistung einer Pressenpartie auswirken, hat *Brecht* bereits in einer Arbeit nachgewiesen [80]. In seinen Ausführungen berichtet er, daß folgende Entwässerungsunterschiede auftreten können: etwa 10 % je nach Art der Filze, etwa 10 % durch Steigerung des Liniendruckes von 7 auf 11 kp/cm, 25 % bei verschiedener Walzenhärte, etwa 5 % bei verschiedenem Walzendurchmesser, etwa — 25 % nach 12 Tagen Laufdauer der Filze, etwa — 26 % durch Steigerung der Geschwindigkeit von 60 auf 300 m/min bei konstantem Liniendruck.
Mit diesem Nachweis ist somit erläutert, daß nicht nur der Liniendruck allein, sondern auch alle anderen Komponenten beachtet werden müssen, wenn man das erreichbare Maximum im Trockengehalt auf der Pressenpartie erzielen will.
Bei Kartonmaschinen gibt es außer den auch bei Papiermaschinen üblichen Lege- und Wendepressen noch Sonderkonstruktionen, die als sogenannte „H-Pressen" bezeichnet werden und oft auch die Bezeichnung „Starkdruckpressen" tragen. Die Legepresse wird deshalb so genannt, weil der Naßfilz und die von ihm getragene Kartonbahn waagerecht durch dieselbe hindurchgeführt werden. Diese Pressen findet man in Kartonmaschinen als erste und zweite Presse, als Plan- und auch als Saugpresse. Bei älteren Maschinen, die mit nicht allzu hoher Geschwindigkeit arbeiten, findet man zum Teil noch die Legepresse alter Art mit massiver Unterwalze. Die Preßwalzen werden bei Planpressen zur Erzielung der Vorgautschung nicht senkrecht übereinander angeordnet. Das Mittel der Oberwalze ist gegen das der Unterwalze entgegen der Kartonlaufrichtung verschoben. Diese Verschiebung richtet sich ebenfalls wieder nach der zu arbeitenden Kartonsorte. Man kann mit folgenden Anhaltswerten rechnen: 1. Presse 80···100 mm, 2. Presse etwa 80 mm, 3. Presse 40···50 mm. Dadurch steigert sich der Druck gegen die Kartonbahn allmählich, und man erreicht eine bessere Auspressung der Bahn, weil die Preßfläche durch die Vorgautschung praktisch vergrößert wird. Der Bezug der einzelnen Preßwalzen ist unterschiedlich. Bei älteren und langsamlaufenden Maschinen findet man entweder eine Gummiwalze als Unterwalze und eine Eisenwalze oder eine solche mit Bronzebezug als Oberwalze.
Bei höheren Geschwindigkeiten und größeren Anforderungen an die Oberfläche des Kartons ist auch hier eine Änderung notwendig. So werden heute Unterwalzen stets mit Gummi bezogen, das gilt auch für Saugwalzen. Diese Gummibezüge sollen nicht zu hart sein, damit die Pressung auf der Kartonbahn und dem Filz elastisch erfolgt

und damit der Filz geschont wird. Die Gummiwalzen werden mit etwa folgenden Härtegraden nach *Pussey* und *Jones* hergestellt:

1. Presse 30 bis 40 Plastometerpunkte,
2. Presse 30 bis 40 Plastometerpunkte,
3. Presse 25 bis 30 Plastometerpunkte,

Unterwalze für Starkdruckpresse bis 150 kp Liniendruck, 20 bis 25 Plastometerpunkte,
Unterwalze für Hochdruckpresse 80···100 kp Liniendruck, 20 bis 30 Plastometerpunkte.
Saugwalzen für Saugpressen 28 bis 35 Plastometerpunkte.
Als obere Preßwalzen verwendet man in neueren Maschinen auch Granit- oder Stonitewalzen. Die Eisenwalzen haben Nachteile, die darin liegen, daß ein leichtes Ankleben der Bahn eintritt. Hinzu kommt, daß sie schnell Rost ansetzen, der einen negativen Einfluß auf die Oberfläche des Kartons ausübt. Granit- und Stonitewalzen haben diese Nachteile nicht. Vor allem die Granitwalze neigt nicht so stark zum Kleben der nassen Bahn. *Müller* [81] erklärt das wie folgt: Wenn die nasse Bahn unter einer glatten Metallwalze einläuft, so befindet sich zwischen ihr und der Papierbahn keine Luftschicht, und der Druck der äußeren Luft wirkt unmittelbar hinter der Preßwalze derart auf die Bahn, daß sie an der oberen Walze haften bleibt. Er sagt weiter, daß die Steinwalze keine dichte, sondern eine poröse Oberfläche mit kleinen Hohlräumen hat. Das wird auf den kristallinischen Charakter dieser Steinart (Granit) zurückgeführt. In diese Hohlräume wird beim Einlaufen der Bahn zwischen die Walzen Luft gepreßt, die sich beim Nachlassen des Druckes wieder ausdehnt und dabei die nasse Bahn von der Walze abstößt. Ein ähnliches Verhalten zeigt auch die Stonitewalze. Stonite besteht aus einer Mischung von Hartgummi und feinen Quarzteilchen. Die Unterwalzen der Saugpressen haben einen Gummibezug, der gleichfalls wie die Sauggautschwalzen mit einer Mantelbohrung versehen ist. Im Gegensatz zu den Planpressen arbeiten diese Pressen mit Nachgautschung.
Die Steige-, oder auch Wendepresse genannt, ist diejenige Presse, in der die Kartonbahn gewendet wird, d. h., daß die Bahn so geführt wird, daß die Seite, die auf den Legepressen auf dem Filz aufgelegen hat, gegen die glatte Seite der Walze laufen muß. Damit erreicht man bei der feuchten und bildsamen Bahn ein Ausgleichen der Siebmarkierung. Die Bezeichnung Steigepresse rührt daher, daß die Kartonbahn in ihr nach oben steigt und außerdem der Naßfilz nach oben geführt wird. In die Steigepresse wird keine Saugpreßwalze eingebaut, sondern stets eine massive Walze. Anstelle einer Wendepresse hat eine moderne Maschine auch vielfach eine filzlose Presse, Offsetpresse genannt, die mit einer Gummiwalze als Unterwalze und einer Stonite- oder Granitwalze als Oberwalze ausgerüstet ist.
Als Sonderkonstruktion, die auch anstelle der Wendepresse verwendet wird, ist in Kartonmaschinen oftmals eine „Hochdruckpresse" eingebaut (Bild 165). Bei dieser Pressenbauart sind die beiden Preßwalzen miteinander vertauscht, d. h., die Gummiwalze (2) arbeitet als Oberwalze und die Granit- oder Stonitewalze (1) und (3) als Unterwalze. Um den Effekt der Wendepresse zu erreichen, ist es bei dieser Walze notwendig, daß die Oberwalze im Filz läuft. Um eine gute Überführung von der vorhergehenden Walzenpresse zu erzielen, muß deren Filz möglichst weit an diese Presse herangeführt werden. Damit fällt die Unbequemlichkeit, die sich beim Aufführen in

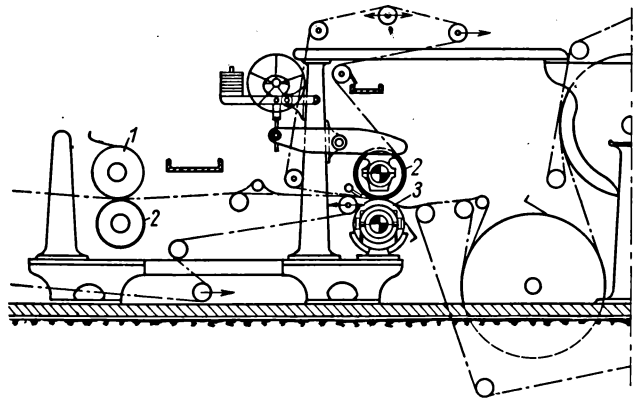


Bild 165. Hochdruckpresse

die Wendepresse ergibt, praktisch weg, weil eine waagerechte Einführung erfolgen kann. Diese Pressen arbeiten mit Liniendrücken von 80···100 kp/cm. Eine weitere Konstruktion ist die Heiß- oder Starkdruckpresse. Diese Presse wird meist nach der ersten Trockengruppe angeordnet, also dort, wo der Karton heiß ist. Durch diese Wärme wird die Viskosität des Wassers verringert und dadurch eine bessere Wasserentfernung ermöglicht. Mit dieser Pressenkonstruktion erreicht man Trockengehalte bis zu 48 %, wobei Liniendrücke bis zu 150 kp/cm angewendet werden.
Um eine gute Anpressung zu erreichen, wendet man ein allmähliches Ansteigen des Pressendruckes an. Dazu legt man die Pressen so aus, daß der Liniendruck von Presse zu Presse ansteigt. Ältere Kartonmaschinen haben folgende Liniendrücke:

1. Presse etwa 15···16 kp/cm,
2. Presse etwa 20 kp/cm,
3. Presse 22···25 kp/cm.

Bei modernen Kartonmaschinen liegen die Liniendrücke in der

1. Presse bei 25···30 kp/cm, in der
2. Presse bei etwa 30···40 kp/cm und in der
3. Presse bei etwa 50 kp/cm.

Je nach der zu arbeitenden Sorte findet man in Kartonmaschinen zwei oder drei Pressen, wobei man entweder nur Saugpressen oder aber auch Plan- und Saugpressen verwendet. Die nachstehenden Tabellen sollen veranschaulichen, welche Trockengehalte bei alten und neuen Kartonmaschinen in den einzelnen Gruppen der Naßpartie erreicht werden [82].
Eine in den letzten Jahren bekannt gewordene Neuentwicklung auf dem Gebiet der Naßpressen ist die sogenannte „Fabric-Presse", die auch als Sieb-Filz-Presse bezeichnet wird. Das Neue an dieser Pressenkonstruktion ist ein endloses grobmaschiges Siebgewebe, das zwischen dem Naßfilz und der einen von den beiden Preßwalzen durch die Presse läuft. Diese Pressen werden sowohl als Ober- als auch als Unterfilz-Pressen ohne Verwendung von Saugwalzen gebaut, d. h. je nachdem, ob der Filz über oder unter der Bahn läuft. Der Vorteil dieser Pressenbauart liegt darin, daß damit höhere

Tabelle 31. Mittlere absolute Trockengehalte T = % an verschiedenen Arbeitsstellen von Rundsiebkartonmaschinen. Gültig für v = etwa 20 m/min und etwa 500 g/m²

Meßstellen	Rundsiebzylinderkasten	nach der letzten Abgautschwalze	nach 2 Filzsaugwalzen	nach 8 Paar Vorgautschen	nach der Gautschpresse	nach der 1. Naßpresse	nach der 2. Naßpresse	nach der 3. Naßpresse	nach dem letzten Trockenzylinder
T = abs. tr. in % etwa	0,8	15···18	18···20	23···26	28···30	30···34	33···37	35···39	88···93

Tabelle 32. Mittlere absolute Trockengehalte T = % an verschiedenen Arbeitsstellen einer Kartonmaschine

Meßstellen	Rundsiebzylinderkasten	nach dem letzten Zylinder	nach 2 Plan- und 1 Saugpresse	nach der Gautsche	nach 1. Presse	nach 2. Presse	nach 3. Presse
T = abs. tr. in %	0,5···0,8	15···20	26···28	30···32	35	39···40	bis 45

Endtrockengehalte und dadurch Dampfersparnisse bzw. höhere Maschinengeschwindigkeiten und Maschinenleistungen erzielt werden können. Ein weiterer Vorteil liegt darin, daß die Filze infolge der Wirkungsweise dieser Presse dichter gewebt und damit Filzmarkierungen eingeschränkt werden können. Entsprechend der im Bild 166a gezeigten Konstruktion laufen die Faserstoffbahn, der Filz und das Sützgewebe gemeinsam durch die Preßwalzen. Durch den angewendeten Preßdruck wird das aus der Bahn gepreßte Wasser nicht nur in den Filz, sondern durch diesen hindurch auch in das nicht zusammendrückbare Stützgewebe gedrückt, d. h. daß die Wasserentfernung nicht mehr durch die Aufnahmefähigkeit des Filzes beschränkt wird und demzufolge eine größerer Menge aus der Bahn durch das Pressen entfernt werden kann. Das im Stützgewebe enthaltene Wasser wird von der inneren Preßwalze infolge der Oberflächenspannung mitgeführt und von dieser durch einen Gummiabstreicher abgenommen oder durch Ausblasen aus dem Stützgewebe entfernt. Das Bild zeigt die zuerst geschilderte Form der Wasserentfernung aus dem Stützgewebe. Die hier geschilderte Arbeitsweise hat zur Folge, daß der Naßfilz nicht mehr hauptsächlich dem Wassertransport, sondern vielmehr als ein Entwässerungsmittel dient. Da das Pressenwasser den Filz senkrecht durchströmt, werden Filzverstopfungen durch Fasertrümmer und Füllstoff weitgehend eingeschränkt, was wiederum zu einer hohen Lebensdauer der Filze führt. Eine Rückbefeuchtung des Filzes findet nur in geringem Maße statt, weil derselbe infolge der Dichte seines Gewebes als eine Art Rückschlagventil fungiert. Während das Auspressen des Wassers unter Drücken von 20···40 at erfolgt, steht für die Rückbefeuchtung nur ein geringer Druck von etwa 1 at zur Verfügung [83]. Nach Angaben des genannten Verfassers können die Preßdrücke wesentlich erhöht werden, wobei allerdings zu beachten ist, daß der Einsatz der Sieb-Filz-Presse nur als zweite und dritte Presse empfohlen wird. Die Laufzeit des Stützgewebes

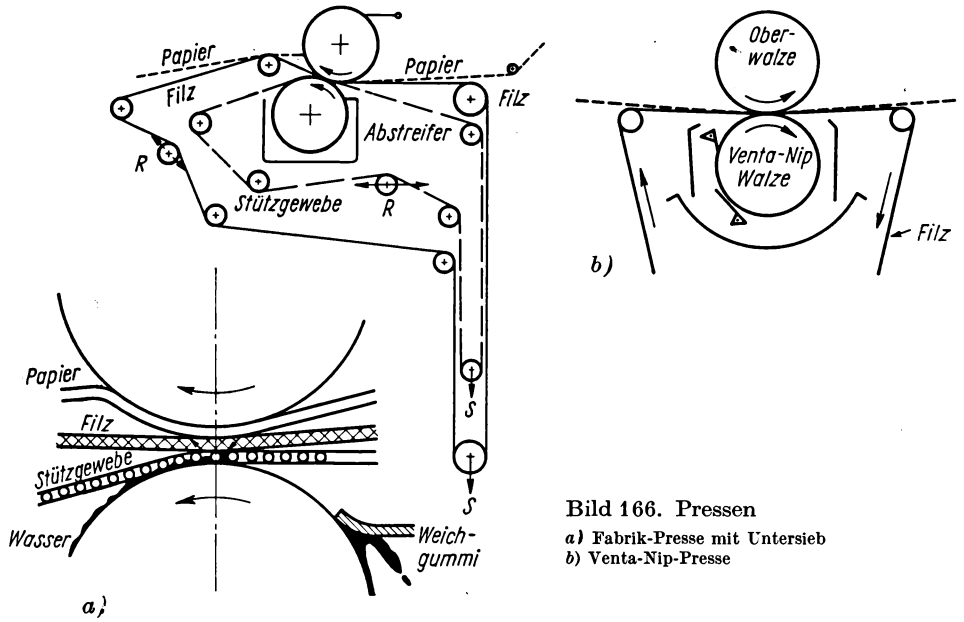


Bild 166. Pressen
a) Fabrik-Presse mit Untersieb
b) Venta-Nip-Presse

wird mit drei bis sechs Monaten angegeben. Die erreichbaren Trockengehaltssteigerungen werden in der Literatur bis zu 6 % genannt.
Eine weitere neue Pressenkonstruktion ist die im Bild 166b gezeigte „Venta-Nip-Presse". Anstelle einer Saugwalze verwendet man als untere Preßwalze eine solche, die mit Längsrillen von 0,254···0,762 mm Breite und 0,5···0,7 mm Tiefe versehen ist. Der Abstand zwischen den Rillen beträgt zwischen dem Drei- bis Zehnfachen der Rillenbreite. Diese gerillte Walze hat ebenfalls den Zweck, möglichst viel offenen Raum an der Unterseite des Filzes zu schaffen und dadurch die Wasserabführung, unter Vermeidung der Rückbefeuchtung des Filzes, zu begünstigen. Der Vorteil dieser Pressenkonstruktion liegt weiter darin, daß die Saugwalze und damit auch die Saugerpumpe in Wegfall kommt und somit Kraftersparnis eintritt. Außerdem wird eine Erhöhung des Trockengehaltes, ähnlich der Saug-Filz-Presse erzielt.

9.2.7. Trockenpartie

Nachdem die feuchte Kartonbahn die Naßpartie verlassen hat, sind alle Möglichkeiten der Wasserentfernung durch Pressen oder Saugen ausgeschöpft. Eine Ausnahme hiervon bildet lediglich der bereits erwähnte Einbau einer Heißpresse nach der ersten Trockenpresse. Die weitere Entwässerung der Bahn erfolgt nunmehr durch einen Verdampfungs- oder Verdunstungsvorgang. Das Wasser läßt sich auf verschiedene Arten verdampfen, und zwar durch die Kontakttrocknung, die Druckkonvektionstrocknung und die Strahlungstrocknung. Wie bereits gesagt, verläßt die Kartonbahn die Naßpartie mit einem bestimmten Trockengehalt, der je nach Stoffcharakter und vor allen Dingen der Pressenarbeit zwischen 38···45 % liegen kann. Für die Ver-

dampfung des Wassers aus der Kartonbahn verwendet man Trockenzylinder, die mit Sattdampf oder auch überhitztem Dampf beheizt sind und mit denen die nasse Bahn möglichst eng in Berührung gebracht werden muß. Das Wasser verdunstet aber nur, wenn sich über der Verdunstungsfläche stets Luft von geringerem Feuchtigkeitsgehalt befindet als in der Verdunstungsfläche selbst. Nach der „Daltonschen" Verdunstungsformel [84] errechnet sich die Wasserentfernung wie folgt:

In dieser Formel bedeuten:

$$W = 45{,}6 \frac{Fc\,(p_2 - p_1)}{B} = \text{kg Wasserverdunstung/h}\,.$$

45,6 eine Erfahrungszahl,

F = Verdunstungsoberfläche in m²,
c = 0,71 für mäßig bewegte Luft über der Verdunstungsfläche,
p_2 = Dampfspannung in der Verdunstungsfläche in mm Quecksilbersäule,
p_1 = Dampfspannung in der über der Verdunstungsfläche hinwegstreichenden Luft in mm Quecksilbersäule,
B = Quecksilbersäule, jeweiliger Barometerstand.

Die Dampfspannung p_1 wird also um so niedriger sein, je trockener die über die Verdunstungsfläche hinwegstreichende Luft ist. Aus diesem Grunde ist es notwendig, eine gute Be- und Entlüftung der Trockenpartie zu gewährleisten. Die Kartonbahn darf nicht zu heiß getrocknet werden. Vor allem ist zu beachten, daß die Oberflächentemperaturen langsam ansteigen sollen, wobei die Temperatur am ersten Trockenzylinder etwa zwischen 40 und 70 °C liegen darf. Die höchste Zylindertemperatur soll bei 120···130 °C liegen und gegen Ende der Trockenpartie wieder absinken. Die Struktur der Fasern verlangt unbedingt eine schonende Erwärmung. Bei Anwendung zu hoher Temperaturen, vor allem im Anfang, verhornt die Faser, ihre Quellfähigkeit geht zurück, und sie wird hart und spröde, wodurch der Karton seine Elastizität verliert. Noch kritischer muß eine richtige Beheizung der einzelnen Trockenzylinder dort beachtet werden, wo es sich um die Trocknung geleimter Sorten handelt, damit die „Frittung" der Harzteilchen, d. h. das Schmelzen und damit feine Verteilen derselben eintritt, was die Voraussetzung für einen guten Leimungseffekt ist. Man rechnet im allgemeinen so, daß die Temperatur der Bahn auf 80 °C ansteigen soll, bevor der Wassergehalt des Blattes unter 50 % gefallen ist, da bei diesem feuchtwarmen Zustand der beste Effekt in der Leimung erzielt wird (Frittungstemperatur). Die Anordnung einer Trockenpartie ist unterschiedlich und richtet sich nach der zu arbeitenden Karton- oder Pappensorte. Mit der Anordnung ist die Anzahl der Trockenzylinder in einer Gruppe gemeint oder die Bespannung mit Filzen bzw. der Wegfall derselben, die Aufgliederung in Vor- und Nachtrockenpartie bei Zwischenschaltung eines Glättzylinders. Neuerdings wird die Trockenpartie noch durch den Einbau von Zusatzeinrichtungen, wie Leimpressen, Baby-Zylindern u. a., unterbrochen. Für eine Trockenpartie verwendet man heute im Gegensatz zu älteren Maschinen fast ausschließlich Trockenzylinder mit einem Durchmesser von 1500 mm. Diese Trockenzylinder bestehen aus einem Mantel aus Grauguß, der außen auf Hochglanz geschliffen ist. Um einen guten und gleichmäßigen Wärmedurchgang zu erhalten, werden die Trockenzylinder, vor allem bei schneller laufenden Maschinen, innen ausgedreht. Die Zylinder-

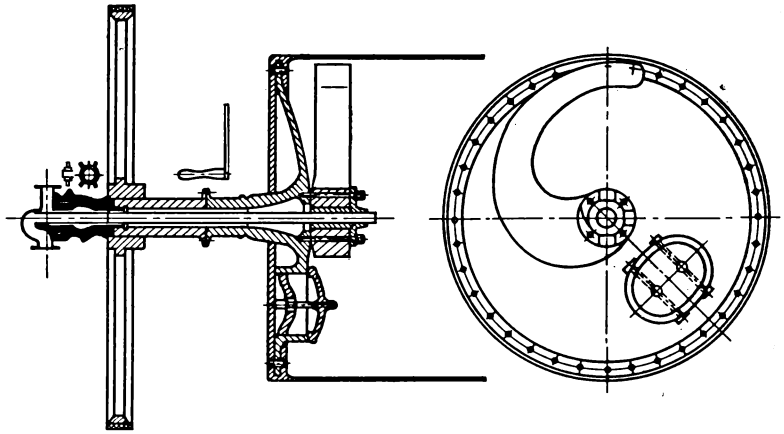


Bild 167. Dampfzu- und Kondensatabführung an einem Trockenzylinder

deckel werden an den Stirnseiten mit Kopfschrauben befestigt. Entgegen der früher üblichen getrennten Dampfein- und Kondensatabführung über je einen Zylinderzapfen erfolgt dies heute nur noch über den Antriebszapfen, der zu diesem Zweck durchbohrt ist. Der antriebsseitige Zapfen läuft in einem Bundlager. Der führerseitige Zapfen dagegen hat Spielraum, damit die eintretende Wärmedehnung aufgefangen werden kann. Durch die Bohrung des antriebsseitigen Zapfens wird der Trockendampf über einen Dampfkopf in den Zylinder eingeführt und das Kondensat kontinuierlich abgeführt. Zur Abführung des Kondensates aus dem Trockenzylinder sind an der Innenseite des antriebsseitigen Deckels Schöpfer angebracht, die bis fast auf den Boden reichen und infolge ihrer Gestaltung (Bild 167) das Kondensat ausschöpfen und gleichzeitig abführen. Um die Zylinder innen in gewissen Abständen auf einwandfreie Entwässerung kontrollieren zu können, erhalten sie an dem führerseitigen Deckel ein Mannloch. Die Dampfköpfe müssen gegen ein Ausströmen des Dampfes gut abgedichtet sein. Hierzu werden Spezialarmaturen verwendet, welche die früher viel verwendeten Stopfbuchsen abgelöst haben. Sofern die Trockenpartie mit Filzen bespannt wird, macht sich der Einbau von Filztrocknern erforderlich, welche die gleiche Bauart haben wie die Kartontrockner und im Durchmesser meist kleiner sind als Trockenzylinder.
Der Betriebsdruck der Trockenzylinder ist unterschiedlich. Er liegt aber im allgemeinen bei 1,5···3,5 at.

Tabelle 33. Dampf- und Oberflächentemperaturen an Trockenzylindern

Sattdampfdruck ata	1,5	1,7	2,0	2,2	2,4	2,5	2,6	2,8	3,0	3,5
Dampftemperatur t_s	111,0	114,5	119,6	122,6	125,5	126,8	128,1	130,5	132,9	138,2
spezifisches Dampfvolumen v in m^3/kg	1,175	1,05	0,90	0,83	0,76	0,74	0,71	0,66	0,62	0,555
Oberflächentemperatur in °C	95	98	104	107	110	111	112	115	117	122

Wird mit Sattdampf gearbeitet, gibt der Dampf unter gleichzeitiger Kondensation seine Wärme an die Zylinder ab. Die im Inneren des laufenden Zylinders herrschenden Temperaturen liegen nach *Müller* [85] stets um 15···16 % höher als die Oberflächentemperaturen.
Gegenüber den in der Tabelle angegebenen Werten, die bei Verwendung von Sattdampf zutreffen, verhalten sich diese bei Verwendung von überhitztem Dampf wie nachstehend geschildert.
Überhitzter Dampf gibt seine Überhitzung zunächst an das im Zylinder vorhandene Kondensat ab. Damit kann das gesamte Wärmegefälle ausgenutzt werden. Bei einer Überhitzung von 12···14 °C ergibt sich eine Erhöhung der Oberflächentemperatur am Trockenzylinder von etwa 1 °C gegenüber Sattdampf mit gleichem Druck.
Die Trockenzylinder werden entsprechend der zu fertigenden Kartonsorte zu Gruppen von mehreren Zylindern zusammengefaßt. Die Anzahl der Zylinder in einer Gruppe ist im wesentlichen von der bei der Trocknung auftretenden Schrumpfung abhängig. Diese wird maßgebend von dem Mahlungsgrad des verarbeiteten Rohstoffes beeinflußt. Je schmieriger ein Stoff ist, um so höher wird auch seine Schrumpfung in der Trockenpartie sein.
Durch diese Gruppeneinteilung wird der zunehmenden Schrumpfung der Bahn im Zusammenhang mit dem regelbaren Antrieb der einzelnen Gruppen Rechnung getragen und dadurch ein Reißen wirksam vermieden. Die erste Trockengruppe läuft also mit einer Zylinder-Umfangsgeschwindigkeit, die der Bahngeschwindigkeit nach der letzten Naßpresse entspricht. Die darauffolgende Gruppe läuft etwas langsamer und ist in ihrer Geschwindigkeit auch antriebsseitig noch regelbar. Da aber innerhalb der Trockengruppen, und zwar zwischen den in diesen enthaltenen Trockenzylindern, ebenfalls noch eine Schrumpfung auftritt, erhalten die einzelnen Trockenzylinder unterschiedliche Zylinderumfänge. Diese stufen sich nach dem Ende der Gruppe zu nach unten ab. Die einzelnen Gruppen sind so angeordnet, daß stets mehrere Zylinder in einem oberen und einem unteren Trockenfilz laufen. Diese Trockenzylinder sind zu einer Antriebsgruppe zusammengefaßt.

Die Größe der Trockenpartie richtet sich nach der zu fertigenden Kartonmenge und damit im Zusammenhang auch nach der zu verdampfenden Wassermenge. Sie ist ebenfalls in starkem Maße von der Leistungsfähigkeit der Pressenpartie abhängig. Zur Berechnung der Trockenfläche wendet man deshalb folgende Bezeichnungen und Formeln an [86]:

P_r = theoretische Bruttoproduktion an Karton von T_e % abs.tr. in kg/d
G = theoretische Bruttoproduktion an Karton von T_e % abs.tr. in kg/h;
G_a = theoretische Bruttoproduktion an abs.tr. Karton in kg/h;
P_a = unbeschnittene Arbeitsbreite der Kartonmaschine (trockener Karton in m);
v = Laufgeschwindigkeit der Kartonbahn am Rollapparat in m/min;
g/m² = Masse je m² Karton von T_e % abs.tr.;
D_z = Summe aller Trockenzylinder-Durchmesser in m;
D_f = Summe aller Filztrockner-Durchmesser in m;
F = gesamte Trockenfläche der Kartontrockenzylinder in m²;
f = gesamte Nutzheizfläche (kartonberührt) der Trockenzylinder in m²;
T_a = absoluter Anfangstrockengehalt vor dem 1. Trockenzylinder in %;
T_e = absoluter Endtrockengehalt nach dem letzten Trockenzylinder in %;
w = Wasserverdampfung, gültig für 1 kg Karton von T_a — T_e % abs.tr.,

W = gesamte Wasserverdampfung der Trockenpartie in kg/h;
w_1 = spezifische Wasserverdampfung in kg, auf 1 m² Trockenfläche (f) in kg/m²/h;
w_2 = spezifische Wasserverdampfung in kg für 1 m² Nutzheizfläche (f) in kg/m²/h;
K_p = spezifische Trockenleistung an Karton in kg, gültig für 1 m² der gesamten Trockenfläche (F) in kg/m²/d,
K_{p1} = spezifische Trockenleistung an Karton in kg, gültig für 1 m² der gesamten Trockenfläche (F) in kg/m²/h;
K_{p2} = spezifische Trockenleistung an Karton in kg, gültig für 1 m² der Nutzheizfläche (f) in kg/m²/h;
δ_2 = höchste Zylinderoberflächentemperatur in °C.
$P_r = \frac{P_a \cdot v \cdot g \cdot 60 \cdot 24}{1000} = 1{,}44 \cdot P_a \cdot v \cdot g$ kg theor. Bruttoproduktion/d;
$F = D_z \cdot \pi \cdot P_a$ = m² Gesamttrockenfläche;
$f = \sim \frac{2}{3} \cdot F$ = m² kartonberührte Trockenfläche (Nutzheizfläche) für die üblichen Trockenpartien. Das genaue Verhältnis zwischen der kartonberührten und der Gesamttrockenfläche bei den üblicherweise verwendeten Trockenzylindern mit 1500 mm Dmr. ist $= 0{,}66 \cdot F$;
$P_r = K_p \cdot F$ = kg Bruttoproduktion/d;
$F = \frac{P_r}{K_p}$ = m² gesamte Trockenfläche;
$f = \frac{W}{w^2}$ = m² kartonberührte Trockenfläche (Nutzheizfläche);
$w = \frac{T_e \cdot T_a}{T_a}$ = Wasserverdampfung in kg/kg Karton von absolutem Endtrockengehalt T_e und dem absoluten Anfangstrockengehalt T_a;
$W = G \cdot w$ = Wasserverdampfung kg/h bei T_a und T_e % abs.tr.;
$K_p = \frac{16 \cdot w_2}{w}$ = Kartontrockenleistung kg/m² der gesamten Trockenfläche (F) und Tag = kg/m² (F), d;
$w_2 = \frac{w \cdot K_p}{16}$ = Verdampfung kg/m² der Nutzheizfläche (f) und h = kg/m² (f) h

Nach Untersuchungen von *Müller* und *Keim* [87] ergeben sich folgende mittlere Leistungen von Trockenpartien bei den verschiedenen Karton- und Pappensorten:
Ein wesentlicher Faktor für die Wirtschaftlichkeit einer Kartonmaschine ist der Dampf- und der Wärmeverbrauch der Trockenpartien in kg.
In der nachstehenden Tabelle 34 [88] wird sehr instruktiv nachgewiesen, daß der Eingangstrockengehalt T_a eine wesentliche Rolle für die Leistung einer Trockenpartie spielt und darüber hinaus noch weitere Faktoren wirken. Das bedeutet, daß eine hohe Wirtschaftlichkeit tatsächlich nur erzielt werden kann, wenn alle Momente genau beachtet werden.
Aus der Tabelle ist aber auch zu ersehen, daß der thermische Wirkungsgrad einer Trockenpartie mit nacktlaufenden Trockenzylindern bedeutend günstiger als in einer bespannten Trockenpartie ist. Man sollte aus diesem Grunde auch genauestens überlegen und prüfen, ob es notwendig ist, eine Trockenpartie mit Trockenfilzen auszurüsten. Zweifellos kann man bei hochwertigen und sehr dünnen Kartonsorten nicht auf eine Bespannung verzichten. Das trifft z. B. bei Chromoersatzkarton zu, an den

Tabelle 35. Wärme- und Dampfverbrauch und Wirkungsgrad von Trockenpartien

Anfangstrockengehalt in %	zu verdampfende Wassermenge je kg Karton in kg	thermischer Wirkungsgrad mit nacktlaufenden Zylindern in %	thermischer Wirkungsgrad mit Filzführungen und Filztrocknern in %	Wärmebedarf (WE) und Dampfverbrauch (kg) zum Trocknen von 1 kg Karton bis zum Endtrockengehalt von 95 % nach theoretischer Berechnung WE	kg	bei thermischen Wirkungsgraden 86,0···73,8 % WE	kg	68,8···59 % WE	kg	zum Verdampfen von 1 kg Wasser bei thermischen Wirkungsgraden WE	kg	WE	kg	1 kg Dampf benötigt Wasser bei thermischen Wirkungsgraden von 86,0 bis 73,8 % kg	68,8 bis 59 % kg
26	2,65	86,0	68,8	1689	3,20	1961	3,72	2451	4,66	739	1,40	924	1,75	0,71	0,57
28	2,39	85,7	68,6	1526	2,89	1776	3,37	2222	4,22	742	1,41	928	1,76	0,71	0,57
30	2,17	85,4	68,3	1385	2,62	1618	3,07	2023	3,84	747	1,42	934	1,77	0,70	0,56
32	1,97	85,0	68,0	1262	2,39	1481	2,81	1851	3,52	752	1,43	940	1,78	0,70	0,56
34	1,79	84,5	67,6	1152	2,18	1361	2,59	1701	3,23	758	1,44	948	1,80	0,69	0,55
36	1,64	83,9	67,1	1055	2,00	1255	2,38	1569	2,98	766	1,45	957	1,82	0,69	0,55
38	1,50	83,3	66,6	968	1,83	1161	2,21	1451	2,76	774	1,47	967	1,84	0,68	0,54
40	1,37	82,4	65,9	890	1,69	1078	2,05	1348	2,56	784	1,49	980	1,86	0,67	0,54
42	1,26	81,3	65,0	820	1,55	1007	1,91	1259	2,39	798	1,51	998	1,89	0,66	0,53
45	1,11	79,1	63,3	725	1,37	914	1,74	1142	2,17	822	1,56	1028	1,95	0,64	0,51
47 1/2	1,00	76,4	61,2	658	1,24	854	1,62	1067	2,02	857	1,63	1071	2,03	0,61	0,49
50	0,90	73,8	59,0	591	1,13	803	1,53	1003	1,91	892	1,69	1115	2,12	0,59	0,47

Tabelle 34. Leistungen einer Mehrrundsiebmaschine, kombiniert mit einem Langsieb

Karton bzw. Pappensorte	Stoffmasse in g/m²	absoluter Trockengehalt T_a in %	absoluter Trockengehalt T_e in %	Wasserverdampfung kg/kg Karton	Wasserverdampfung je m² kartonberührte Fläche/h	Trockenleistung je m² kartonberührte Fläche in kg/h	Trockenleistung je m² Trockenfläche in kg/h	Trockenleistung gesamte Trockenfläche in kg/d
gedeckter Karton	650	38	93	1,45	6,52	4,50	3,0	72
holzhaltiger Karton	500	38	93	1,45	9,08	6,26	4,17	100
holzhaltiger Karton	900	38	93	1,45	10,42	7,19	4,79	115
Langsieb-Karton-Maschine								
Strohpappe	700	38	93	1,45	8,70	6,00	4,00	96
Dachpappe	625	38	93	1,45	10,87	7,50	5,00	120

sehr hohe Qualitätsanforderungen gestellt werden. Es ist auch zu überlegen, ob die gesamte Trockenpartie bespannt werden muß oder ob man nur die ersten Gruppen oder auch nur die untere Reihe der Trockenpartie mit Trockenfilzen versieht.
Eine Verbesserung des thermischen Wirkungsgrades von Trockenpartien wird schon seit vielen Jahren angestrebt, und es wurden auch bestimmte Fortschritte dadurch erzielt, daß man z. B. zwischen die Zylinder und auf die Trockenfilze, soweit solche vorhanden waren, Heißluft einblies, um dadurch eine höhere Leistung zu erreichen. Das Einblasen der Heißluft erfolgte bei filzbespannten Maschinen entweder direkt auf die Kartonbahn oder auch auf die Seite der Trockenfilze, die der Kartonbahn zugewendet war. Bei unbespannten Maschinen ging man zwei verschiedene Wege. Einmal wurde Warmluft in die Trockenpartie eingeblasen, zum anderen Mal umspannte

Tabelle 36. Mehrleistung und Wärmeverbrauch beim Einblasen von Warmluft in eine Trockenpartie

Eingeblasene Warmluft in m³ je kg Karton	150	87	26	21	19	6	4,5
Temperatur der Warmluft vor der Trockenpartie in °C	106	105	110	84	40	70	60
Mittlerer Sattdampfverbrauch zur Erwärmung der eingeblasenen Luft, kg/kg Karton in kg	3,77	2,41	1,0	0,65	0,12	0,16	0,1
Mehrleistung an Karton durch Warmlufteinblasen in %	13	7,5	—	4,5	2,8	~ 5	1,5
Mehrverbrauch an Wärme durch Warmlufteinblasen in %	64	36	—	11	2,1	4	3,5

man die Trockenzylinder soweit als irgend möglich mit der Kartonbahn, um dadurch eine bessere Ausnützung der Trockenfläche zu erreichen. Aber auch diese Maßnahme ist vom Standpunkt der Wirtschaftlichkeit sehr kritisch zu beleuchten, da zum Erwärmen der Luft ebenfalls erhebliche Dampfmengen erforderlich sind. Es ist deshalb sehr genau zu überlegen, ob sich ein derartiges Verfahren wirtschaftlich durchführen läßt. Wie aus vorstehender Tabelle 36 [89] zu ersehen ist, ist der Mehrverbrauch an Wärme im Verhältnis zu der erreichten Mehrleistung der Kartonmaschine nicht unerheblich.

Aus den vorgenannten Gründen wird dieses Verfahren auch nur dort angewendet, wo sich eine wirkliche Mehrleistung bei einem wirtschaftlichen Wärmeaufwand erreichen ließ.

Um eine Mehrleistung einer Trockenpartie bei wirtschaftlichem Aufwand von Wärme zu erzielen, ist es zweckmäßig und notwendig, eine gute Be- und Entlüftung der Trockenpartie zu gewährleisten. Das heißt, daß eine möglichst trockene, ungesättigte Luft über die Verdunstungsfläche hinwegstreichen muß, die eine hohe Feuchtigkeitsaufnahme ermöglicht. Um diese gute Be- und Entlüftung zu erreichen, rüstet man die Trockenpartien seit einigen Jahren mit Dunsthauben aus, die in Verbindung mit Wärmerückgewinnungsanlagen eine Erhöhung der Leistung der Kartonmaschine ergeben bzw. eine bessere Wärmeausnutzung schaffen. Im Prinzip arbeiten diese Hauben so, daß durch Ventilatoren die feuchte Abluft aus der Gesamttrockenpartie und vom Glättzylinder abgesaugt und trockene Warmluft unter die Partie und auch in die Partie eingeblasen wird. Jetzt werden nicht nur Hauben über den Trockenzylindern und dem Glättzylinder angeordnet, sondern die gesamte Trockenpartie wird von oben bis unten eingekapselt, und zwar entweder nur bis zur Bedienungsdecke oder auch bis zum Maschinenkeller, so daß ein vollkommener Einschluß der Trockenpartie durch die Haube erfolgt. Dadurch erreicht man einen von außen weitestgehend unbeeinflußten Luftumlauf innerhalb der Trockenpartie. Diese Hauben werden auch mit Wärmerückgewinnungsanlagen ausgerüstet. Mit Hilfe dieser Anlagen wird die in und unter die Trockenpartie einzublasende Luft aufgewärmt. Das geschieht so, daß man die abgesaugte Feuchtluft über Wärmeaustauscher führt, in denen je nach Temperatur der Außenluft und dem Warmluftbedarf etwa 50···60 % des Wärmeinhaltes nutzbar gemacht werden. Eine Wirtschaftlichkeit ist in einer solchen Anlage immer gegeben, weil durch die erreichbare gute Ent- und Belüftung der Trockenpartie und die Ausnutzung der Abluftwärme sich eine Leistungssteigerung auch bei vorhandenen Anlagen erreichen läßt. Andererseits können bei neuen Maschinen kleinere Trockenpartien vorgesehen werden. Man rechnet allgemein damit, daß bei Verwendung einer Haube mit Wärmerückgewinnungsanlage eine bis zu 15 % höhere Leistung gegenüber einer normalen Trockenpartie erreicht werden kann.

Im Bild 168 wird das Schema einer Wärmerückgewinnungsanlage dargestellt. Aus diesem Schema ist erkennbar, wie die gesättigte Luft aus der Trockenpartie abgezogen (1) und über einen Wärmeaustauscher (2) geführt wird. Dabei ist es möglich, einen Teil der gesättigten Luft über die „Bypass"-Jalousie (3) direkt dem Axialgebläse (4) zuzuleiten. Die im Wärmeaustauscher verbleibenden Schwaden werden über das Axialgebläse (4) abgeführt. Auch hier ist die Möglichkeit gegeben, einen Teil der Schwaden über die Beimischklappe (5) der einzublasenden Frischluft zuzusetzen. Durch den Wärmeaustauscher (2) und den Zusatzlufterhitzer (6) wird die von außen eingezogene Frischluft aufgewärmt. Der Zusatzlufterhitzer dient zum Aufwärmen der Luft, die durch den Raumzuluftventilator (7) an die Kartonmaschinendecke oder

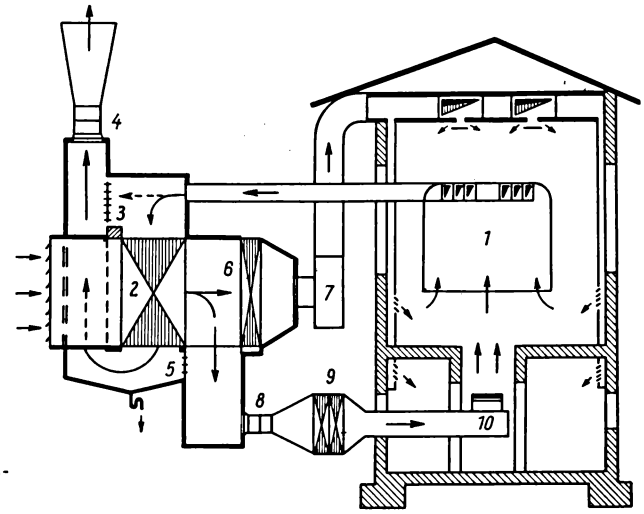


Bild 168. Schema einer Wärmerückgewinnungsanlage

in die Zwischendecke und in die Maschinenhalle eingeblasen wird. Die Frischluft für die Trockenpartie wird durch das Unterwindaxialgebläse (8) über den Brüden- und Dampflufterhitzer (9) und den Unterwindkanal (10) zugeführt.

Eingangs war bereits erwähnt worden, daß man sich neben der bisher behandelten Kontakttrocknung in immer stärkerem Maße mit der Anwendung der „Druckkonvektionstrocknung" beschäftigt. Diese Trocknung verwirklicht in stärkstem Maße das, was bereits bei der Erläuterung der „Daltonschen" Verdunstungsformel zu dem Wert p_1 gesagt wurde. Die Druckkonvektionstrocknung beruht darauf, daß durch Aufblasen von Heißluft mit hoher Geschwindigkeit auf die Kartonbahn die mit Feuchtigkeit gesättigte Grenzschicht abgezogen und dadurch gleichzeitig die Oberflächentemperatur der Kartonbahn gesenkt wird. Das führt dazu, daß die Teilspannung des Dampfes über der Kartonoberfläche gesenkt wird.

Im Bild 169 wird dieser Vorgang im Vergleich zu der üblichen Kontakttrocknung erläutert. Wie aus dem Teil a) des Bildes ersichtlich ist, befindet sich bei normaler Trocknungsweise die mit Feuchtigkeit gesättigte Grenzschicht über der Kartonbahn. Dagegen ist aus dem Teil b) zu erkennen, daß bei der Druckkonvektionstrocknung diese Grenzschicht durch die Heißluft abgezogen wird. Das führt gleichzeitig zu einer Senkung der Kartonbahntemperatur. Das Bild 170 erläutert den Luftkreislauf in einem Düsensegment einer Spezialhaube der Firma The Spooner-Dryer and Engineering Co. Ltd. Jlkley/Yorkshire, England. Etwa 80 % der gesamten Luftmenge befinden sich ständig im Umlauf, während etwa 20 % der mit Feuchtigkeit angereicherten Luft abgeführt und durch Frischluft ersetzt werden. Die von der Papierbahn mittels Saugdüsen abgesaugte gesättigte Luft wird in der genannten Menge mit Frischluft vermischt und durch ein Gebläse angesaugt, hinter demselben über Kalorifere in Druckkammern und von dort über die Düsen auf die feuchte Kartonbahn geblasen. Damit wird auf die Bahnoberfläche ständig ungesättigte Luft aufgeblasen, die über eine große Wasseraufnahmefähigkeit verfügt. Die Angaben, daß etwa 20 % Frischluft ständig gegen Abluft ausgetauscht werden, beruhen auf Erfahrungszahlen, die in den im Bild 171 festgelegten Kurven nachgewiesen werden. Daraus ergibt sich,

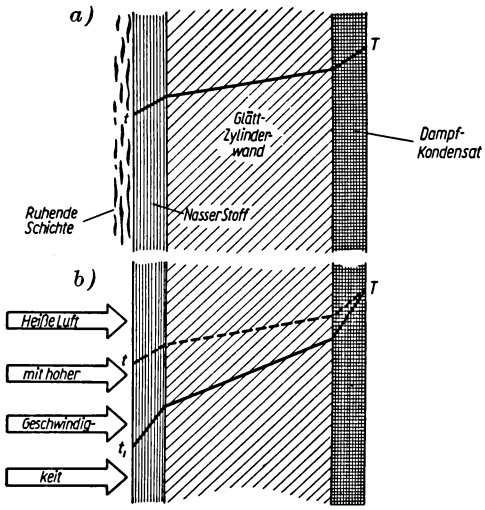


Bild 169. Wirkungsweise der Druckkonventionstrocknung b) im Vergleich zur Kontakttrocknung a)

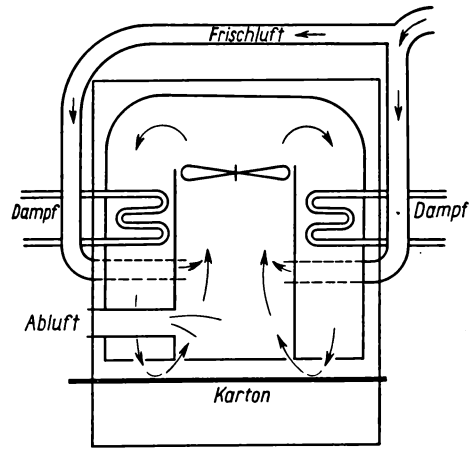


Bild 170. Luftkreislauf in einem Spooner-Haubensegment

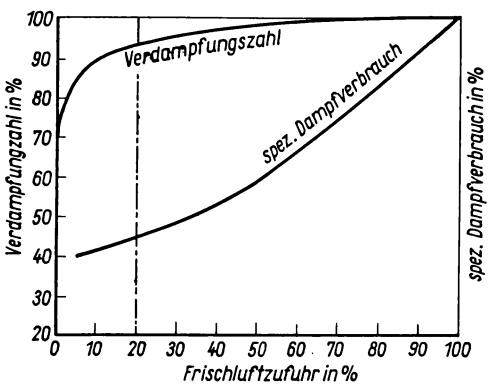


Bild 171. Beziehungen zwischen Verdampfungsgeschwindigkeit und Zusatzfrischluft an einer Spooner-Haube

daß die Frischluftzufuhrmenge der einflußreichste Faktor beim Luftkreislauf und von ihr die Verdampfungszahl abhängig ist. Aus den Kurven sind eindeutig die Beziehungen zwischen Verdampfungszahl, Frischluftmenge und dem spezifischen Dampfverbrauch in kg Dampf/kg Wasserverdampfung zu erkennen. Die Kurven zeigen aber auch, daß die wirtschaftlichste Frischluftmenge etwa 20 % beträgt, weil die Verdampfungszahl darüber nur noch unwesentlich steigt, dagegen eine große Zunahme des spezifischen Dampfverbrauches zu verzeichnen ist. Bei Verwendung einer Druckkonvektionshaube über einer Trockenpartie entfallen auch die Trockenfilze, weil die Anpressung der Bahn an den Zylinder durch die Luft erfolgt. Dadurch werden einmal Filze gespart, und außerdem wird eine wirtschaftliche Trocknung erreicht. Bild 172 zeigt als Beispiel die Anordnung einer derartigen Spezialhaube an einer Selbstabnahme-

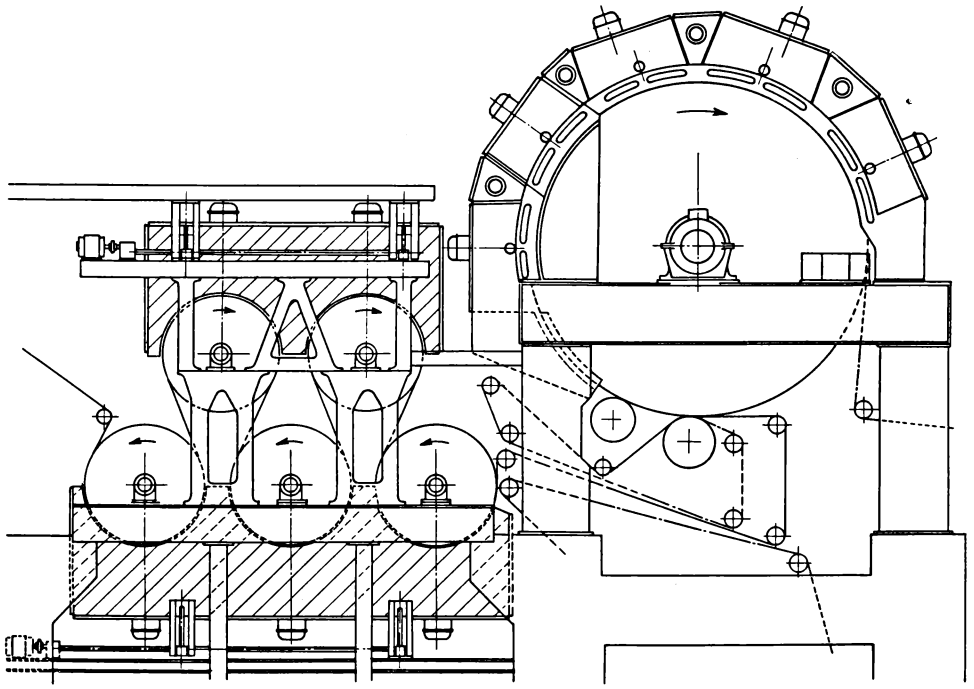


Bild 172. Spooner-Haube über einer Trockenpartie

maschine zur Herstellung dünner Papiere mit einer Leistung von 50 t/Tag. Diese Maschine hat auch in der Vortrockenpartie keine Filze mehr, weil durch das gleichmäßige Aufblasen von Heißluft die Papierbahn absolut gleichmäßig an den Trockenzylindern anliegt und dadurch die Filze überflüssig werden. In gleicher Weise läßt sich diese Anordnung ohne Schwierigkeiten auch für Kartonmaschinen verwenden.

9.2.7.1. Heizung der Trockenpartie

Ein wesentliches Moment für die Wirtschaftlichkeit einer Trockenpartie ist die volle Ausnutzung des Wärmeinhaltes des verwendeten Dampfes. Um das zu erreichen, rüstet man die Trockenpartien mit „Serienheizsystemen" aus, von denen es eine Vielzahl von Konstruktionen gibt, z. B. Fulton, Crane, Voith, Kofra usw. Es sollen hier zwei Systeme näher erläutert werden.

Das „Kofra"-System geht von der Erkenntnis aus, daß die in den Trockenzylindern eingebauten „Schöpfer" sich nur zu einem geringen Teil im Kondensat und zum größten Teil im Dampfraum bewegen und damit nicht nur Kondensat, sondern auch erhebliche Dampfmengen aus den Zylindern abführen. Diese Dampfmengen wurden bei älteren Anlagen praktisch in den Kondenstöpfen niedergeschlagen und damit der Wärmeinhalt des Dampfes nicht voll für die Trocknung ausgenützt. Bei dem Serienheizsystem „Kofra" sind jeweils 2 oder 3 Trockenzylinder zu einer Gruppe zusammengeschaltet, die von einer Dampfverteilungsleitung gespeist wird. Das aus einer solchen

Gruppe anfallende Kondensat-Dampf-Gemisch wird über einen Kondensatableiter abgeführt, in dem ein Dampfabscheider eingebaut ist. Dieser trennt das Kondensat-Dampf-Gemisch, das aus den Trockenzylindern abgeführt wird.
Das Kondensat läuft der Kondensatleitung zu. Der abgetrennte Dampf dagegen wird als „Überströmdampf" einer nachgeschalteten Heizgruppe zugeleitet. Dieses System hat den Vorteil, daß durch die Anwendung strömenden Dampfes eine wesentlich günstigere Wärmeabgabe an den Zylindermantel erfolgt.
Das aus allen Zylindern anfallende Kondensat wird einem Kondensatsammelbehälter zugeleitet und die anfallenden „Brüden" in wirtschaftlicher Form für die Beheizung der ersten Trockenzylinder einer Trockenpartie verwendet, weil hier keine hohen Temperaturen erforderlich sind und deshalb die anfallende Dampfspannung mit 0,1 ··· 0,3 at und einer Temperatur von 102 ··· 107 °C vollkommen ausreichend ist.
Ein weiteres System zur Beheizung einer Trockenpartie ist die „Pilotzylinderheizung", wie sie im Bild 173 dargestellt wird. Entsprechend den Betriebsbedingungen arbeitet man in diesem Falle mit einem oder mehreren Leitzylindern, mit denen der Dampfverbrauch der Trockenpartie geregelt wird. Ausgehend von der Tatsache, daß einem Trockenzylinder bei der Überführung der nassen Bahn die dem Feuchtegehalt entsprechende Verdampfungswärme entzogen wird und dadurch eine mehr oder minder starke Kondensation eintritt, die wiederum zu entsprechend höherem oder niedrigerem Dampfverbrauch führt, ist man dazu übergegangen, einen Zylinder aus der gemeinsamen Dampfzufuhr abzuschalten und als Regler zu verwenden. Dieser Zylinder, der mit einem Druckregler ausgerüstet ist, wird mit konstantem Druck beaufschlagt, die verbrauchte Dampfmenge gemessen und der erhaltene Wert als

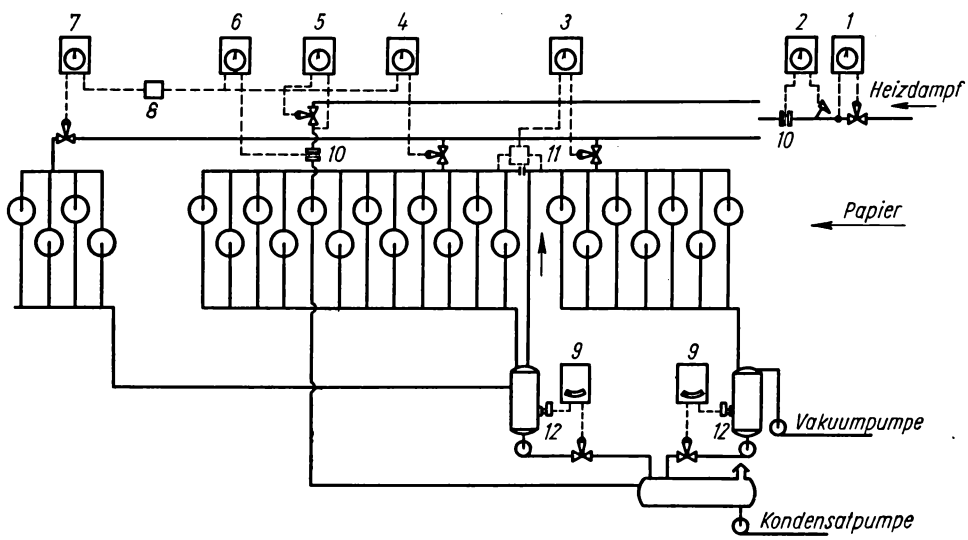


Bild 173. Pilotzylinderheizung einer Trockenpartie

(*1*) Vordruckregler, (*2*) Mengen- und Temperaturschreiber, (*3*) Druckregler für Vortrocknung, (*4*) Druckregler für Nachtrocknung, (*5*) Druckregler für Pilotzylinder, (*6*) Mengenmesser für Pilotzylinder und Führungsregler für Druckregler, (*7*) Druckregler für Filztrockner, (*8*) Verhältnissteller, (*9*) Niveauregler, (*10*) Meßblende, (*11*) Druckdifferenzgeber, (*12*) Niveaugeber

Sollwert für die Beheizung der übrigen Trockenpartie verwendet. Für die Filztrockner arbeitet ein besonderer Pilotzylinder entsprechend den herrschenden Bedingungen.

9.2.7.2. Bespannung der Trockenpartie

Ob eine Trockenpartie mit Filzen bespannt werden muß, hängt von der zu arbeitenden Kartonsorte ab. Es gibt Karton- und Pappensorten, wie z. B. Karton für Wellpappe, Lederpappe, Graupappe, Holzpappe, bei denen infolge der zu erreichenden Qualität und der zu arbeitenden Dicken eine Bespannung der Trockenpartie überhaupt nicht oder nur teilweise erforderlich ist. Wie bereits in Tabelle 35 nachgewiesen wurde, hat eine unbespannte Trockenpartie einen wesentlich günstigeren thermischen Wirkungsgrad.
Allerdings läßt sich bei Kartonsorten wie z. B. Chromoersatzkarton eine Bespannung nicht umgehen, weil es bei diesem auf absolute Flachlage ankommt, sofern nicht mit Druckkonvention gearbeitet wird. Als Trockenfilze verwendet man solche, die entweder aus reiner Wolle und Asbest oder auch nur aus Asbest hergestellt werden. Auch die sogenannten „Cannevasfilze", die aus Segeltuch hergestellt sind, finden Verwendung. Dabei kommt es besonders darauf an, daß die an den Zylindern anliegende Seite durch die teilweise direkte Einwirkung nicht verbrennt und dadurch die Wasserauf-

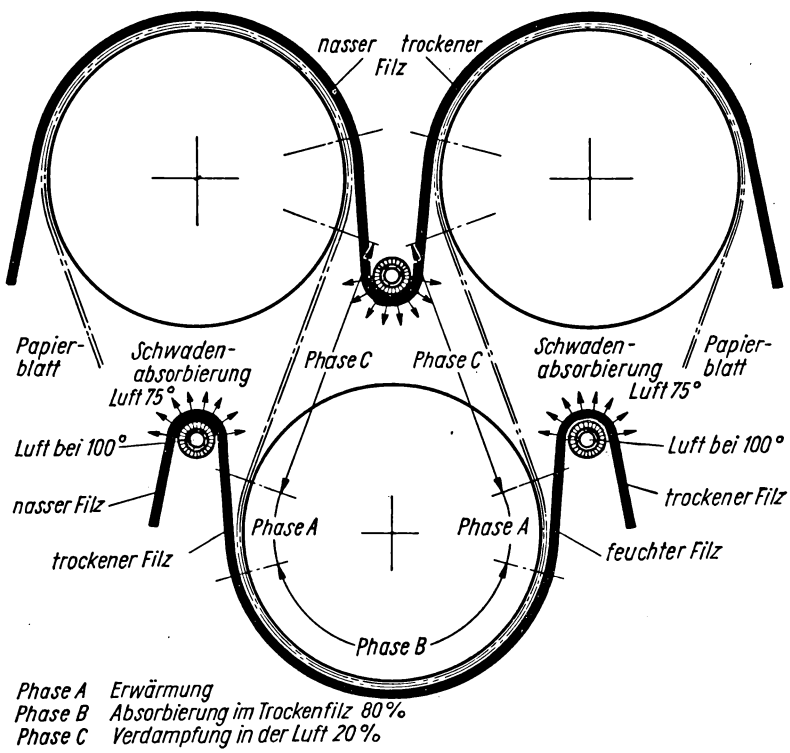


Bild 174. Einbauschema für Madeleine-Walzen und deren Wirkungsweise

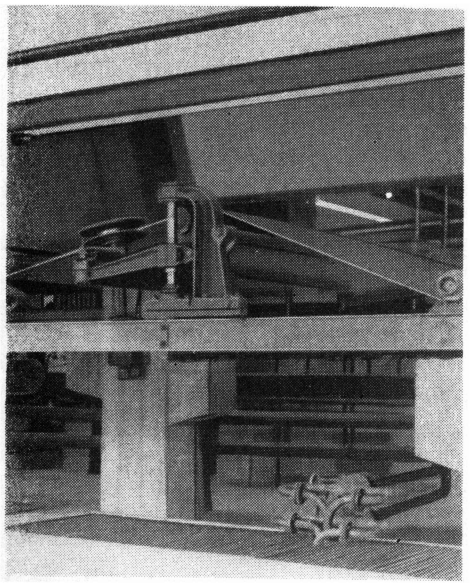
nahmefähigkeit leidet. Die Filze werden mit einer Masse von 2000···3000 g/m² hergestellt. Die Qualität richtet sich nach der Kartonsorte. Anstelle von Trockenfilzen verwendet man neuerdings meist doppellagige Plastsiebe, die sich gerade bei der Kartonfertigung besonders gut eignen. Darüber hinaus erreicht man durch den Einsatz derselben auch noch eine Steigerung der Trockenleistung gegenüber der filzbespannten Trockenpartie.
Im Falle einer Bespannung ist der Einbau von Filztrocknern notwendig, damit eine ständige Trocknung der Filze erfolgen kann, um sie stets aufnahmefähig für die Feuchtigkeit aus dem Karton zu erhalten. Außer den Filztrocknern verwendet man auch Warmluft, die in den Wärmerückgewinnungsanlagen gewonnen wird, und bläst diese in und unter die Trockenpartie ein. Eine sehr vorteilhafte Form ist dabei das direkte Anblasen der Filze durch Düsen. Die Luft wird aus den Düsen in voller Bahnbreite unmittelbar gegen den Filz geblasen.
Eine Neuentwicklung auf dem Gebiet der Filztrocknung sind die sogenannten „Madeleine-Walzen", die anstelle von Filztrocknern verwendet werden und im Austausch mit Filzleitwalzen eingebaut sind [Bild 174]. Diese Walzen arbeiten mit Heißluftdurchblasung. Die aus den Walzen austretende Heißluft wird durch den feuchten Filz hindurchgeblasen und dadurch die aufgenommene Feuchtigkeit zur Verdampfung gebracht. Durch den dadurch eintretenden weitgehenden Entzug der Verdampfungswärme aus dem Filz tritt eine schnellere Abkühlung ein, wodurch wiederum das Temperaturgefälle zwischen Trockenzylinder und Filz vergrößert und damit der Wärmeübergang und zugleich die Trockenleistung verbessert werden.
Es wurden Produktionserhöhungen um 15···45 % erreicht, wobei der Dampfverbrauch für 1 kg Karton um 15···20 % reduziert, und die Lebensdauer der Trockenfilze verdoppelt werden konnten.

9.2.7.3. Regulierung der Trockenfilze

Die Filze sollen stets möglichst genau in der Mitte der Filzleitwalzen laufen. Da aber selbst bei zuverlässigster Herstellung der Filze und durch ein sorgfältiges Spannen und Einlaufenlassen dieser Zustand nicht erreicht werden kann, bedarf es einer besonderen Nachhilfe.
Bei älteren Maschinen erfolgt die Regelung der Filze heute noch von Hand. Zu diesem Zweck ist in die Filzführung eine Regulierwalze eingebaut, die in einem stumpfen Winkel des Filzlaufes liegen muß, um wirksam zu arbeiten. Ist der Winkel zu spitz, kommt die Regulierung nicht zur Wirkung. Das gleiche gilt für einen zu flachen Winkel.

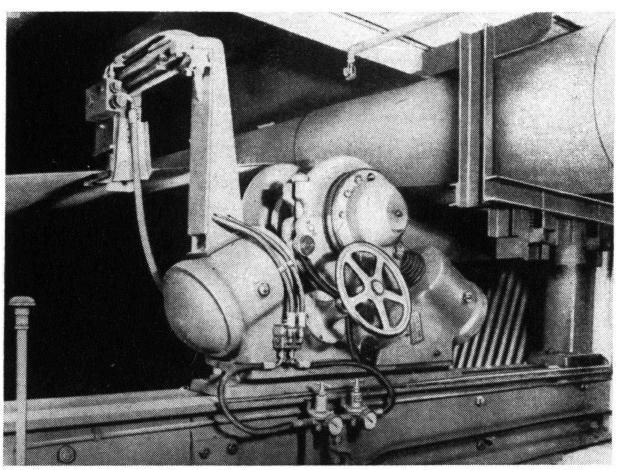
Die Regulierwirkung wird folgendermaßen erreicht:

Sofern der Filz nach der Führerseite verläuft, muß das Regulierlager in Filzlaufrichtung verschoben werden. Dadurch wird der Filz gezwungen, von der schrägen Walzenkante abzugleiten und nach der Antriebsseite zu verlaufen. Im umgekehrten Falle wird das Regulierlager entgegen der Filzlaufrichtung verschoben.
Diese Form der Handregulierung erfordert eine ständige Wartung des Filzlaufes durch die Maschinenbesatzung.
In moderne Maschinen baut man selbsttätig arbeitende Reguliereinrichtungen ein.
Bild 175 zeigt zwei Formen dieser Einrichtungen. Im Bildteil a) ist eine „automatische Parallelogramm-Regulierung" des VEB Papiermaschinenwerke Freiberg gezeigt.



a)

Bild 175. Parallelogramm-Regulierung und pneumatische Filzregulierung



b)

Auf jeder der beiden Seiten laufen Tastrollen, die mit einem Winkelhaken verbunden sind. Solange der Filz gerade läuft, liegt die Regulierwalze in ihrer Ausgangslage. Tritt ein seitliches Verlaufen ein, drückt die Filzkante gegen die Tastrolle, wodurch eine Veränderung der Lage der Regulierwalze erfolgt.
Im Bildteil b) wird eine pneumatisch arbeitende Reguliereinrichtung gezeigt. Das Arbeitsprinzip ist das gleiche wie bei der Parallelogrammregulierung. Lediglich die Verstellung der Walze erfolgt pneumatisch.

9.2.8. Glättzylinder mit Deutscher Presse

Um bei einseitig glatten Karton- und Pappensorten eine einwandfreie und hohe Glätte zu erhalten, hat man die Kartonmaschinen mit einer besonderen Einrichtung, dem Glättzylinder mit der Deutschen Presse, ausgerüstet [90]. Der Glättzylinder unterscheidet sich von den üblichen Trockenzylindern, die im allgemeinen einen Durchmesser von 1500 mm haben, schon durch einen wesentlich größeren Durchmesser. So werden heute bereits Glättzylinder mit Durchmessern von über 5000 mm, ja sogar bis 6000 mm gebaut. Diese Zylinder werden nach bestimmten Gesichtspunkten konstruiert, um vollkommen den an sie gestellten Anforderungen zu entsprechen. Es ist notwendig, daß

1. die Zylinder aus dichtem Spezialgußeisen hergestellt sind, damit sie sich auf Hochglanz polieren lassen;
2. die Zylinder innen ausgedreht werden, damit ein gleichmäßiger Wärmedurchgang und eine gleichmäßige Trocknung der Kartonbahn gewährleistet ist;
3. die Bahnbreite etwa 200···250 mm breiter gewählt wird als die nasse Kartonbahn, damit nasse Ränder auf jeden Fall vermieden werden;
4. der Antrieb so gewählt wird, daß ein absolut ruhiger und gleichmäßiger Lauf gewährleistet ist;
5. die Zylinder mit entsprechenden Schabern versehen werden, die die Oberfläche sauberhalten und gleichzeitig die Glätte erhalten.

Aus diesem Grunde rüstet man die Glättzylinder mit drei Schabern aus (Bild 176), und zwar

a) mit einem Bronzeschaber zum Abnehmen der Kartonbahn und zur Entfernung grober Unreinheiten;

b) einem schweren Schaber mit Stahlklinge, der die feine Reinhaltung des Zylinders durchführt und hierzu auch zusätzlich mit feinem Schmirgelleinen unterlegt werden kann, was sich außerordentlich gut bewährt hat;

c) einem Schaber mit Stahlklinge, der vielfach mit Filz unterlegt wird.

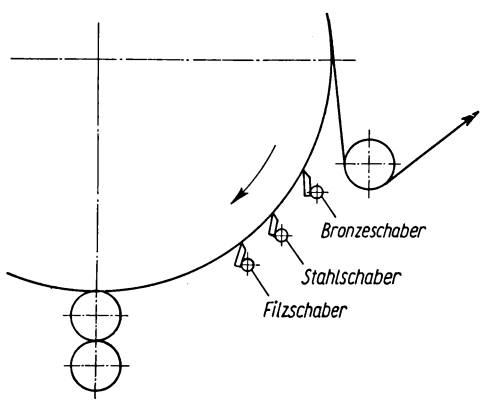


Bild 176. Schaberanordnung an einem Glättzylinder

Diese Filzunterlage wird aus einer Wasserrinne dauernd angefeuchtet. Deshalb findet man auch die Bezeichnung „Wasserschaber". Diese Schaberart bewährt sich ausgezeichnet. Um zu verhindern, daß durch die Schaber Riefen im Zylinder entstehen, hat man diesen achsparallele Bewegungen gegeben, also eine Hin- und Herbewegung. Diese Schaberbewegung wird heute meist durch eine hydraulische, auf den Schaberzapfen aufgesetzte Vorrichtung erzeugt.
Gegenüber den normalen Kartontrocknern ist die kartonberührte Trockenfläche bei Glättzylindern wesentlich größer. Außerdem nimmt das Verhältnis von Gesamttrockenfläche zu kartonberührter Trockenfläche mit größerem Durchmesser zu. Der Raum für die Schaber soll möglichst klein gehalten werden, damit der nutzbare Zylinderumfang nicht zu stark beeinträchtigt wird. Die Strecke vom Kartoneinlauf in die Deutsche Presse bis zum Auslauf aus dem Zylinder, also die kartonunberührte Strecke, beträgt etwa 17,5 m. Nach Angaben von *F. Hoyer* [91] ergeben sich für die einzelnen Zylinderdurchmesser folgende Zahlen je m Arbeitsbreite:

Tabelle 37. Zahlenangaben über Glättzylinder

Durchmesser in mm	3200	3600	4000	4500	4800	5000
Gesamtheizfläche F in m²	10,04	11,31	12,56	14,13	15,13	16,00
Nutzheizfläche N in m²	8,29	9,56	10,81	12,38	13,38	14,26
Verhältnis $F:N$	0,83	0,84	0,86	0,87	0,88	0,89

Sind die Zylinder mit Filz bespannt, so daß eine infolge der Anpressung an den Glättzylinder gute Glätte gewährleistet ist, gehört dazu auch die Ausrüstung mit einem Filztrockner, der mindestens 50 % des Durchmessers des Glättzylinders haben soll, damit entsprechend der hohen Verdampfungsleistung des Zylinders auch eine gute Trocknung des Filzes erfolgt. Bei Ausrüstung des Glättzylinders mit einer Druckkonvektionshaube kommt diese Komplikation in Wegfall, und es tritt eine wesentliche Vereinfachung ein.
Die Beheizung der Glättzylinder erfolgt mit höherem Druck, als das bei den üblichen Kartontrocknern der Fall ist, und zwar beträgt der Dampfdruck etwa 2,0···8 at. Damit stehen natürlich auch die höheren Temperaturen in Zusammenhang. Daraus ergibt sich auch, daß die Verdampfungsleistung der Zylinder wesentlich höher liegt als bei den übrigen Trockenzylindern. Nach Angaben von *F. Hoyer* [92] beträgt z. B. die mittlere spezifische Verdampfungsleistung 18,5···19 kg/m²/h, auf die kartonberührte Trockenfläche bezogen, wobei folgende Voraussetzungen notwendig sind: Eingangstrockengehalt am Glättzylinder 60 %, Endtrockengehalt am Glättzylinder 94 %, Dampfdruck im Zylinder 4,0 at, Oberflächentemperatur des Zylinders 117 °C. Nach von *Müller* durchgeführten Messungen ergeben sich bei verschiedenen Oberflächentemperaturen, Eingangstrockengehalten und einem Endtrockengehalt von 94 % folgende spezifische Verdampfungsziffern [92]:

Tabelle 38. Wasserverdampfung bei verschiedenen Oberflächentemperaturen an Glättzylindern

Zylinderoberflächentemperatur in °C	Anfangstrockengehalt in %						
	50	52	55	59	60	62	68
	Spezifische Wasserverdampfung in kg						
100	19	17,5	15	12	11,5	10	—
110	23	21,5	19	16	15,5	14	11,7
117	26	24,5	22	29	18,5	17	14,7
120	27	25,5	23	20	19,5	18	15,7
125	29	27,5	25	22	21,5	20	17,7

Stets wird bei Maschinen, die zur Herstellung einseitig glatter Erzeugnisse verwendet werden, der Glättzylinder der engste Querschnitt dieser Maschine sein und die Leistung der Maschine bestimmen. Es ist deshalb notwendig, daß die Zylinder eine entsprechend große Trockenfläche haben, um eine hohe Verdampfungsleistung zu erhalten. Selbstverständlich kann man aus konstruktiven Gründen die Größe der Zylinder nicht ins Übermäßige steigern. Auch aus papiertechnischen Gründen ist die Steigerung des Heizdruckes und damit der Oberflächentemperatur nicht zu empfehlen, weil die Fasern leiden und dadurch die Qualität des Erzeugnisses beeinflußt würde.

Vorgenannte Gründe zwangen dazu, andere Wege zu beschreiten, um diesen Engpaß so weit als möglich auszuschalten und die Leistungen von Maschinen, die mit Glättzylindern ausgerüstet sind, zu erhöhen. Zu diesem Zweck wurden von verschiedenen Herstellern Spezialdruckkonvektionshauben entwickelt, die über Glättzylindern angebaut werden (siehe auch 9.2.7.). Diese Spezialhauben, die nach dem bereits geschilderten Prinzip arbeiten, erlauben mit vorhandenen Zylinderdurchmessern eine höhere Leistung. Zum anderen kann bei diesem Verfahren, selbst bei Herstellung von Chromoersatzkarton, die Filzbespannung und damit auch der Filztrockner entfallen. Bild 177 zeigt sehr übersichtlich die Konstruktion einer Spezialhaube für einen Glätt-

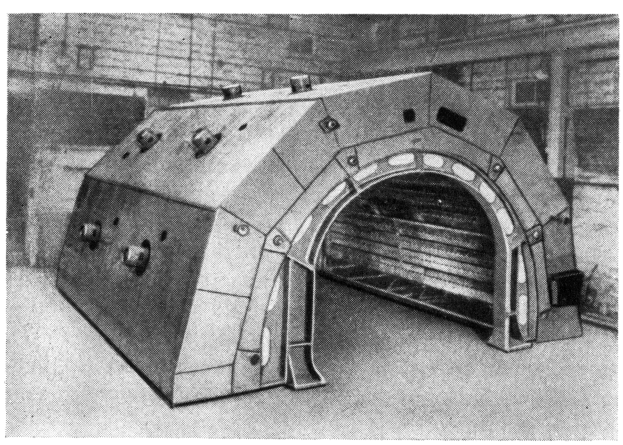


Bild 177
Spooner-Verdunstungshaube

zylinder. Man erkennt sehr deutlich die Düsensegmente für die Heißluftzufuhr und die Rückführung der gesättigten Luft. Weiterhin ist aus dem Bild die gute und gleichmäßige Luftverteilung über die gesamte Fläche zu erkennen. Die aus sechs Segmenten bestehende Haube verfügt in jedem Segment über zwei Umwälzgarnituren mit zugeordneten Wärmeaustauschern, Druckkammern und Düsen. Die Zufuhr der Frischluft erfolgt durch ein gesondertes Gebläse, das über einen Verteiler an die einzelnen Segmente angeschlossen ist. Die Luftabführung wird über die den einzelnen Segmenten zugeordneten Sammler zum Abluftgebläse geleitet. Die nachstehende Tabelle [93] veranschaulicht, welche Leistungsunterschiede mit und ohne diese Spezialhaube an Glättzylindern ermittelt wurden.

Tabelle 39. Glättzylinderleistungen mit und ohne Druckkonvektionshaube

Zylinderabmessungen Dmr. × Länge in mm	Zylinderdampfdruck in at	Verdampfungszahl der alten Haube in kg/cm²/h	Verdampfungszahl der Spooner-Haube in kg/cm²/h	Steigerung der Verdampfungsleistung in %	Kartonproduktion in %
3048 × 2997	vorher 1,76 nachher 1,90	24,2	46,7	92	35···40
3600 × 2640	1,76 vorher	23,6	38,7	63	30···35
3950 × 3400	1,80···2,0 nachher 2,3	38,1	57,7	53	35···45
4500 × 3000	2,5	27,6	42,7	46	25···30
4267 × 4470	2,11	28,0	40,0	43	30···35

Der Unterschied zwischen relativer Steigerung der Verdampfungsleistung und der Produktion ist mit dem Absinken des Eingangstrockengehaltes bei höheren Geschwindigkeiten begründet.

Bevor die Anwendung dieser Spezialhauben bekannt war, versuchte man den Umfang des Zylinders zu vergrößern. Bei diesem Bestreben mußte aber ein Faktor besonders beachtet werden, nämlich die Beziehungen zwischen dem Zylinderdurchmesser, der Zylinderwanddicke und dem optimal anwendbaren Dampfdruck. Die Wanddicke eines Zylinders wird durch den anzuwendenden Dampfdruck und den Durchmesser des Zylinders beeinflußt, d. h., daß bei dem Bestreben, große Zylinder zu verwenden, auch ein Ansteigen der Wanddicke zu verzeichnen ist. Die zunehmende Wanddicke beeinträchtigt aber auch den Wärmedurchgang, was wiederum die Verdampfungsleistung beeinflußt. Auch die Erhöhung des Dampfdruckes hat gewisse Grenzen, weil auch sie einen Einfluß auf die Zylinderwanddicke ausübt. Es gibt sogar einen Punkt, bei dem der größere Wärmedurchgang durch den größeren Wärmewiderstand der Zylinderwand unwirksam gemacht wird [93].

Um eine gute Glätte zu erzielen, hat man die Glättzylinder zusätzlich noch mit Anpreßwalzen, der Deutschen Presse, versehen. Diese Walzen haben den Zweck, die noch feuchte Bahn mit möglichst hohem Druck elastisch an den Zylinder zu pressen und

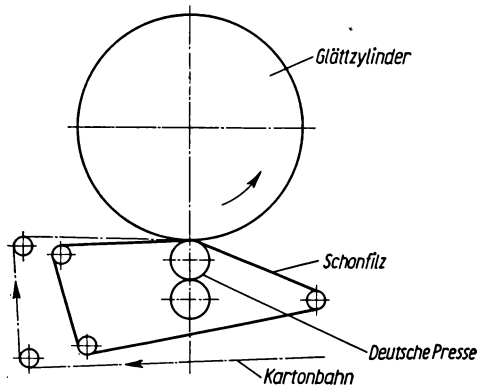


Bild 178. Deutsche Presse

damit außer einem innigen Kontakt mit der beheizten Zylinderoberfläche auch einen Glättdruck zu erzielen. Die Deutsche Presse (Bild 178) besteht aus zwei Walzen, und zwar der oberen, elastischen, und der unteren, besonders stabil ausgeführten Walze, die als Anpreßwalze für die elastische dient. Die elastische Walze, die bei alten Maschinen noch als Filz- oder Wickelwalze ausgebildet ist, hat bei modernen Maschinen einen elastischen Gummibezug. Man verwendet hier einen Gummibezug wie bei den Naßpreßwalzen mit einer Härte von 20 bis 25 Plastometerpunkten für die Anpreßwalzen und mit 20 bis 30 Plastometerpunkten für die eigentlichen Glättpreßwalzen. Bei Verwendung von Gummiwalzen ist es notwendig, mit einem Schonfilz zu arbeiten, damit der Gummibezug vor den hohen Temperaturen geschützt wird. Außerdem bietet dieser Schonfilz den Vorteil, daß er durch seine voluminöse Struktur kleine Unebenheiten aufnimmt, wie sie besonders bei Erzeugnissen vorkommen, die aus Altpapier hergestellt werden. Außerdem erzielt man über die ganze Maschinenbreite eine ausgezeichnete und gleichmäßige Glätte. Das ist besonders dort von großem Vorteil, wo sehr hohe Anforderungen an Glätte und geschlossene Oberfläche gestellt werden (z. B. bei Chromoersatzkarton). Auch bei der Gummiwalze ist eine Feuchtung über die Tragwalze notwendig. Als Voraussetzung für eine einwandfreie Glätte, die allen Ansprüchen gerecht wird, ist deshalb folgendes zu beachten:

1. einwandfreie Oberfläche und Glätte des Zylinders;
2. Verwendung einer Gummiwalze mit Schonfilz;
3. möglichst hoher Liniendruck der Presse;
4. Einhaltung eines Eingangstrockengehaltes von 60 bis höchstens 65 %;
5. vollkommen geschlossene, gleichmäßige Oberfläche des Kartons;
6. Einhaltung eines Mahlungsgrades von 35···40 °SR und eines gleichmäßig ausgemahlenen Stoffes.

Selbstverständlich ist es bei Verwendung von Gummiwalzen erforderlich, daß der Glättzylinder keine großen Unebenheiten aufweist. Diese werden weder von einer Gummiwalze noch von einem Schonfilz ausgeglichen. In solchen Fällen ist vor nachträglicher Anbringung eines Schonfilzes und Einbau der Gummiwalze ein Schleifen des Zylinders erforderlich. Diese Arbeit ist ohne weiteres mit Spezialeinrichtungen in der Maschine durchführbar.

Einen eigenen Antrieb erhält die Deutsche Presse nicht, er erfolgt durch die Mitnahme seitens des Zylinders. Bei älteren Konstruktionen findet man bei der Deutschen Presse noch die Hebelbelastung mit Parallelaufhelfung. Mit dieser erreicht man Liniendrücke bis zu 50 kp/cm Walzenlänge. Neuere Einrichtungen sind mit ölhydraulischer oder pneumatischer Anpressung versehen, wobei Liniendrücke bis zu 100 kp/cm erreicht werden.
Die Leistung einer Trockenpartie, in die ein Glättzylinder eingebaut ist, wird durch dessen Leistung bestimmt.

Zur Berechnung der Glättzylinderleistung verwendet man folgende Formeln [94]:

G = Kartonleistung des Glättzylinders in kg/h,

$G = \frac{W_g}{w}$ = Kartonleistung in kg/h,

$W_g = w_{2g} \cdot f_g$ = Wasserverdampfung in kg/h,

$w = \frac{T_e - T_g}{T_g}$ Wasserverdampfung je kg Karton von T_g und T_e/% abs.tr. in kg,

$P_r = G \cdot 24$ Kartonerzeugung in kg/d oder

$$P_r = \frac{(D_g\pi - 1{,}70)\, P_a w_{2g} T_g 24}{T_e - T_g} \text{ Kartonerzeugung in kg/d .}$$

Der Betrieb eines Glättzylinders wird unterschiedlich gehandhabt. Während man bei minderen Karton- und Pappensorten in der Vortrockenpartie meist weitgehend austrocknet und die Bahn vor dem Einlauf in die Deutsche Presse auf der zu glättenden Seite wieder feuchtet, arbeitet man bei hochwertigen Kartonsorten anders. Da es bei diesen Sorten ganz besonders auf eine geschlossene Oberfläche ankommt, werden in der Vortrockenpartie Vorder- und Rückseite verschieden stark getrocknet, z. B. im Verhältnis Rückseite zu Decke von 2,4:1. Dabei wird die Oberseite, die gegen den Glättzylinder läuft, nur so weit ausgetrocknet, daß sie beim Einlauf nur etwa 60 bis max. 65 % Trockengehalt erreicht. Auf diese Weise erhält man die gewünschte Glätte und vermeidet auch ein „Fleckigwerden", wie man es im ersterwähnten Fall nicht vermeiden kann. Dieses Fleckigwerden rührt daher, daß die Befeuchtung kurz vor dem Einlauf in die Deutsche Presse ungleichmäßig ist, weil eine gleichmäßige Verteilung der zugesetzten Wassermenge auf der Kartonbahn in der kurzen Zeit gar nicht möglich ist. Das ist auch die Ursache für ungleichmäßige Glätteeffekte.

9.2.9. Schlußgruppe

9.2.9.1. Kühlgruppe

Um eine gute Konditionierung des Kartons und besonders eine gute Flachlage über die Bahnbreite zu erhalten, wird die aus der Trockenpartie kommende heiße Bahn über eine entsprechende Anzahl von Kühlzylindern geleitet. Das Kühlen der Bahn ist auch deshalb erforderlich, um das Auftreten der sogenannten Hitzefalten im Glättwerk zu vermeiden. Diese treten dadurch auf, daß die Kartonbahn nach dem Verlassen der Trockenpartie nicht geschmeidig genug ist. Man kühlt die Bahn deshalb auf 25···30 °C ab, ehe sie in das Glättwerk einläuft. Die Kühlzylinder sind in ihrem Aufbau ähnlich wie die Trockenzylinder. Als Kühlelement benutzt man Wasser, das

durch einen Hohlzapfen in die Kühlzylinder zu- und von dort abgeführt wird. Je nach Kartonqualität läßt man die Kühlzylinder mit und ohne Filzführung laufen. Darüber hinaus richtet sich die Größe der Kühlfläche nach der Maschinengeschwindigkeit und der Temperatur der Kartonbahn nach dem Verlassen der Trockenpartie. Entsprechend der erforderlichen Kühlfläche macht sich der Einbau eines oder mehrerer Kühlzylinder notwendig. Nach den von *Müller* [95] gemachten Angaben soll der Gesamtdurchmesser der Kühlzylinder bei Verwendung von Gußeisen wie folgt bemessen werden:

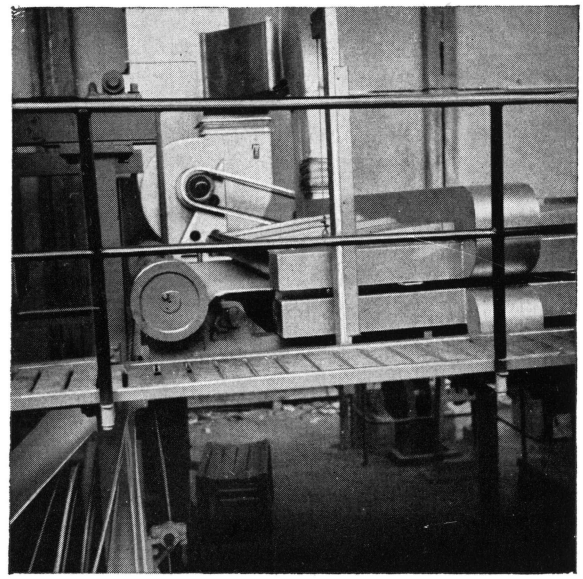
Tabelle 40. Erforderlicher Kühlzylinderdurchmesser bei verschiedenen Maschinengeschwindigkeiten

Arbeitsgeschwindigkeit in m/min	15···30	50···100	100···150	150···200	200···250	darüber
Gesamtdurchmesser der Kühlzylinder in m	1,2	1,8	2,0···2,5	2,5···3,0	3,0···3,5	5

Die Kühlfläche und damit die Anzahl der Kühlzylinder ist auch vom verwendeten Material abhängig. Eisen hat eine Wärmeleitzahl von $\lambda = 40 \cdots 50$ WE/m²/h °C. Bronze und Kupfer dagegen haben eine Wärmeleitzahl von $\lambda = 300 \cdots 400$ WE/m²/h °C. Die Verwendung von Bronze oder Kupfer bietet Vorteile bei der Herstellung einer hochwertigen Kartonoberfläche in bezug auf Reinheit.
Eine neue Methode der Kühlung der Kartonbahn am Ende der Trockenpartie wurde in der letzten Zeit von der Firma Kofra, Bad Soden, entwickelt [96]. Anstelle der bisher verwendeten Kühlzylinder werden Flächenkühlaggregate eingebaut, durch die man die Bahn hindurchführt. Diese Kühlaggregate bestehen aus Düsenrohrbatterien (Bild 179). Durch eine große Anzahl feiner Düsen wird unter Druck eine bestimmte Menge Kühlluft auf die Bahn aufgeblasen. Diese Düsenbatterien liegen über und unterhalb der Kartonbahn. Der Abstand zwischen dem zu kühlenden Gut und den Batterien wird sehr gering gehalten. Bei auftretendem Bahnriß kann der obere Teil der Batterie entweder automatisch oder durch Druckknopfbetätigung nach oben geklappt werden, so daß ein leichtes Wiedereinführen der Kartonbahn möglich ist. Als Vorteile dieser Anlage werden herausgestellt: Wegfall der Kühlzylinder, gleichmäßigere Kühlung der Bahn und dabei zusätzliche Trocknung durch die zusätzliche Wasseraufnahme in der Abluft der Kühlbatterie. Die dadurch zu erreichende Leistungssteigerung der Maschine wird mit 3 % angegeben. Als weiterer Vorteil wird angegeben, daß die von den Trockenzylindern stammenden Eisenoxidspuren, die sich in den Verdampfungsgrenzschichten befinden und bei der Zylinderkühlung in den kondensierten Grenzschichten verbleiben, beseitigt werden. Durch die Luftkühlung und die dadurch eintretende vollkommene Ausdampfung der Grenzschichten werden die Eisenoxidspuren mit abgeführt, so daß keine Beeinträchtigung der Weiße eintritt.

9.2.9.2. Glättwerke

Man findet sehr oft auch die Bezeichnung Maschinenkalander oder Satinierwerk für die in den Kartonmaschinen befindlichen Glättwerke. Diese Glättwerke haben im Gegensatz zu einem Satinierkalander nur vier bis zehn hochglanzgeschliffene Stahl-



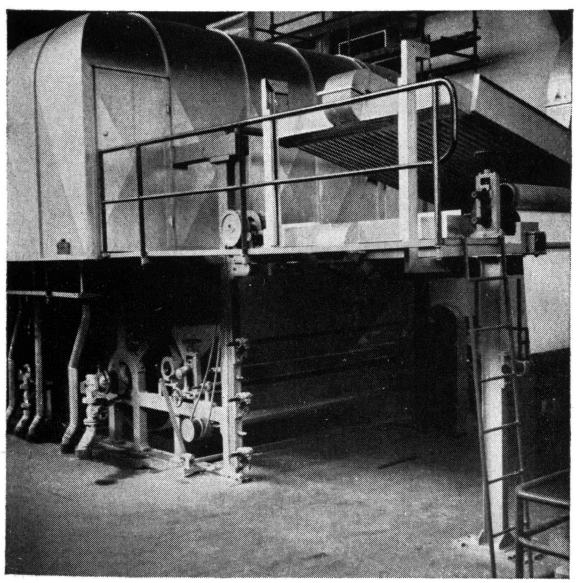


Bild 179. Düsenluftkühlung, System „Kofra"

walzen. Die Anzahl der Walzen richtet sich nach der zu arbeitenden Sorte und der gewünschten Qualität des Fertigerzeugnisses. Die Walzen müssen so geschliffen sein, daß sie vollkommen lichtdicht aufeinanderliegen. Die Walzenpressung erreicht man nicht nur durch die Masse der aufeinanderliegenden Walzen, sondern durch zusätzliche hydraulische oder pneumatische Belastung, die zur genauen Einstellung eines gleichmäßigen Druckes auf der Antriebs- und der Führerseite gesteuert wird.

Um ein gutes Sauberhalten der Walzen zu erreichen, erhalten dieselben nachstellbare Schaber, die zweckmäßig mit Vickery-Schaberklingen zu versehen sind. Um auch hier ein Einschleifen von Rillen zu vermeiden, rüstet man die Schaber mit einer Schaberbewegung aus.
Die Glättwerke haben die Aufgabe, den Karton vor dem Aufrollen oder dem Schneiden auf dem Querschneider zu glätten. Nach dem Verlassen der Trockenpartie und auch der Kühlgruppe hat die Kartonbahn infolge des Trocknungsvorganges eine ziemlich rauhe Oberfläche. Diese entsteht dadurch, daß sich ein großer Teil der Papierfasern nach der Trocknung aufrichtet. Diese Fasern werden, nachdem sie auf der Kühlfläche weich und geschmeidig gemacht wurden, in die Bahnoberfläche eingepreßt und so die Geschlossenheit der Oberfläche verbessert.
In europäischen Kartonmaschinen, vor allem in solchen, die mit einem Glättzylinder ausgerüstet sind, findet man im allgemeinen nur ein Glättwerk mit der für die entsprechende Kartonsorte erforderlichen Walzenzahl. Im Gegensatz dazu kennt man den Glättzylinder, wie er in Europa verwendet wird, z. B. in den USA überhaupt nicht. Ein sehr wesentlicher Grund dafür ist der bereits erwähnte Engpaß, der durch den Glättzylinder entsteht. Statt dessen sind in diese Maschinen oft zwei und auch drei bis vier mit Wasserschabern ausgerüstete Glättwerke eingebaut. Die Wasserschaber sind so angeordnet, daß am ersten Glättwerk, oft auch am zweiten, Wasser zum Feuchten gleichmäßig verteilt auf die Bahn aufgetragen wird. Die nachgeschalteten Glättwerke sind mit heizbaren Walzen versehen, um eine hohe Glätte zu erreichen. Man findet aber auch oft, daß die Walzen, an denen die Wasserschaber angeordnet sind, heizbar sind. Der Wasserschaber hat den Vorteil, daß über ihn eine gleichmäßige Verteilung der aufzutragenden Feuchtigkeit möglich ist und ein „Fleckigwerden" des Kartons vermieden wird. Bei der Arbeit mit Wasserschabern ist aber zu beachten, daß der Karton geleimt sein muß, um eine zu hohe Feuchtigkeitsaufnahme zu vermeiden. Das ist deshalb notwendig, weil auf den verhältnismäßig kurzen Strecken, die der Karton in dem Glättwerk an den Heizwalzen anliegt, keine ausreichende Trocknung erfolgen kann. Eine weitere Anordnung besteht darin, daß man zwischen je zwei Glättwerke zwei und auch vier Trockenzylinder schaltet, um eine bessere Nachtrocknung nach der Wasserschaberbehandlung zu erreichen. Der Wasserschaber wird aber nicht nur zum Auftrag von Wasser auf die Kartonbahn verwendet. Man verwendet ihn oft auch zum Auftrag eines Leimfilmes, einer Streichmassenlösung oder von Hilfsmitteln zur Erzielung einer Wasserabweisung (Gefrierkarton), um damit die Geschlossenheit der Oberfläche zu verbessern. Auf jeden Fall erreicht man damit einen sehr guten Effekt und eine gute Bedruckbarkeit des Kartons.

9.2.9.3. Rollapparat

Das Aufrollen des Kartons geschieht im allgemeinen nur dort, wo es sich um hochwertige, dünne Sorten handelt, die auf Automaten, also direkt von der Rolle verarbeitet werden. Das ist auch bei Wellpappenkarton der Fall, der nur in Rollen geliefert wird. Bei allen anderen Sorten, die in Formate geschnitten werden, verfährt man so, daß man die Kartonbahn direkt in den der Kartonmaschine nachgeschalteten Querschneider führt und dort auf die gewünschten Formate schneidet. Hierzu soll aber Näheres bei der Behandlung des Querschneiders gesagt werden. Zum Aufrollen der fertigen Kartonbahn verwendet man heute fast ausschließlich den Tragtrommelroller (Poperoller). Nur bei älteren Maschinen findet man noch den Elektrowickler.

Durch die Einführung dieses Elektrowicklers wurden viele Nachteile, die sich bei der veralteten Friktionsbremse ergaben, beseitigt. Bei der Aufwicklung endloser Bahnen muß man beachten, daß diese entsprechend der Masse je Flächeneinheit schneller oder langsamer gearbeitet werden müssen und deshalb auch mit unterschiedlicher Geschwindigkeit der Aufrollvorrichtung zugeführt werden. Dazu kommt, daß die Kartonbahn mit einer gewissen Spannung aufgewickelt werden muß, um eine ordentliche Rolle zu erhalten. Das bedeutet also, daß die Wickelspannung einstellbar sein muß. Es ist weiter zu beachten, daß die Rolle sich zunehmend vergrößert, die Kartonbahn aber ihre Geschwindigkeit beibehält und deshalb die Drehzahl der Rollstange oder des Tambours entsprechend geringer werden muß. Um diese Forderungen zu erfüllen, ist es notwendig, entsprechende Einrichtungen vorzusehen, die diese Vorgänge automatisch regulieren.

Elektrowickler

Zum Antrieb der Tamboure wird in diesem Falle ein regelbarer Elektromotor verwendet. Um den wechselnden Anforderungen, wie sie bereits grundsätzlich geschildert wurden, nachkommen zu können, wird z. B. folgende Schaltung (Bild 180) angewendet [97]. Der Antrieb erfolgt durch den Rollmotor (M), der mit einem Anlasser (N) ausgerüstet ist. Die Grunddrehzahl des Motors wird durch die am Anker anliegende Netzspannung bestimmt. Im Ankerkreis des Motors liegt weiterhin ein einstellbarer Regler (W), dem die Spule eines Rollenwächters (S) parallelgeschaltet ist.

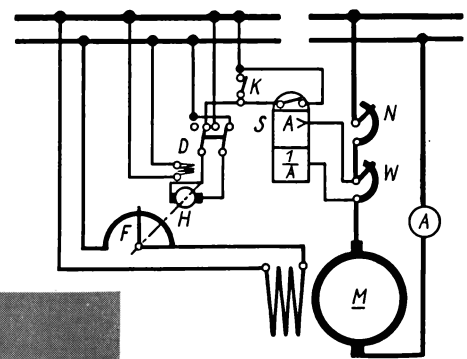


Bild 180. Schaltschema eines Elektrowicklers

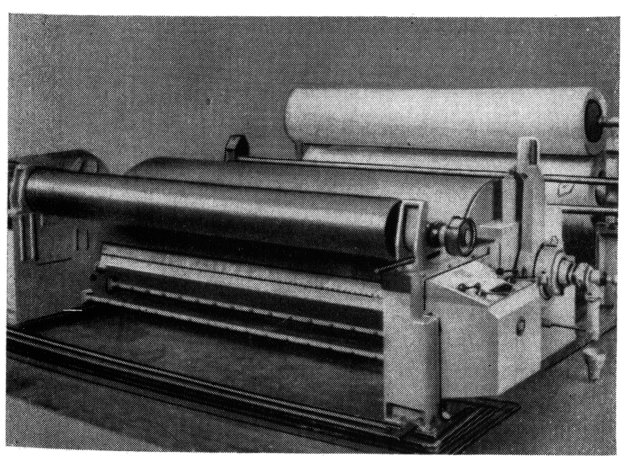


Bild 181
Tragtrommel-Rollapparat

Dieser Rollenwächter mißt die Aufrolleistung und benutzt das Meßergebnis zur Regulierung der Rollgeschwindigkeit. Der Vorgang ist dann folgender: Durch zunehmenden Rollendurchmesser steigt die Stromaufnahme des Motors (M). Der Rollenwächter (S) schaltet nun den Steuermotor (H), der so lange über den Feldregler (F) eine Feldverstärkung hervorruft, bis durch den Feldregler (W) der entsprechende Kartonzug eingestellt ist. Diese Schaltung hat den Vorteil, daß die bei einem Bahnriß vorhandene Rollgeschwindigkeit konstant bleibt und die Bahn ohne Nachregelung wieder aufgeführt werden kann.

Poperoller

Der Pope- oder auch Tragtrommelroller erfüllt seinen Zweck nicht nur in Papiermaschinen mit hoher Geschwindigkeit, sondern hat auch große Vorteile bei der Verwendung in Kartonmaschinen aller Geschwindigkeitsbereiche. Der Rollapparat besteht, wie aus dem Bild 181 zu ersehen ist, aus einem Tragzylinder, der als Kühlzylinder ausgebildet ist, der sich entsprechend der Geschwindigkeit der Kartonbahn dreht. Auf diesem Zylinder läuft ein Tambour, auf den die Kartonbahn aufgewickelt wird. Dieser Tambour wird vor dem Aufführen der Kartonbahn zunächst in die gabelförmigen Lager über dem Tragzylinder eingelegt und durch die Reibung von dem Zylinder angetrieben. Mit zunehmender Aufwicklung der Kartonbahn auf den Tambour erfolgt durch die Gabellager die Übergabe des Tambours auf die im Bild ersichtlichen Schiebelager, die ständig unter einem bestimmten Druck die auf den Tambour auflaufende Kartonbahn gegen den Tragzylinder pressen. Die Betätigung erfolgt mittels Hydraulik oder auch pneumatisch. Dabei kann der Anpreßdruck antriebs- und auch führerseitig genau eingestellt werden, um eine gleichmäßige Rolle zu erhalten. Mit Hilfe eines Tragtrommelrollers kann man in Abhängigkeit von der Arbeitsbreite einen Durchmesser von etwa 1500 mm und Maschinenrollen bis zu einer Masse von 4···10 t herstellen. Das Aufführen der Kartonbahn auf den Tambour erfolgt bei dünnen Sorten mit Preßluft. Bei stärkeren Sorten dagegen muß mit Hand aufgeführt werden, da dies mit Preßluft nicht mehr gelingt.

9.3. Kombinierte Maschinen

Zur Herstellung mehrlagiger Kartonsorten verwendet man außer der Mehrrundsiebmaschine auch Kombinationen von Rundsiebpartien mit einem, selten auch zwei Langsieben. In vereinzelten Fällen wird auch mit Kombinationen von mehreren Langsieben gearbeitet. Man versuchte die Kombinationen von mehreren Langsieben deshalb, weil man auf diese Weise die konstruktiven Beschränkungen in der Leistung von Rundsiebmaschinen zu überwinden glaubte. Die Kombinationen von Lang- und Rundsieben wendet man dort an, wo es darauf ankommt, eine besonders hochwertige Decke mit gut geschlossener Oberfläche zu erhalten.

9.3.1. Kombinierte Langsieb-Rundsieb-Maschine

Die Kombination zwischen Langsieb- und Rundsiebpartie ist die am meisten angewendete. Hier gibt es zwei Arten, und zwar eine Rundsiebpartie mit einem Langsieb und eine mit zwei Langsieben. Die Anzahl der Rundsiebe richtet sich nach den zu

arbeitenden Sorten und den Massen je Flächeneinheit. Auf den Rundsieben stellt man die aus weniger wertvollen Rohstoffen bestehende Einlage und auch die Schonschicht her. Oftmals wird auch die Rückseite des Kartons auf einem oder auch zwei Rundsieben gearbeitet. Auf dem Langsieb wird in jedem Fall die Decke erzeugt, um den Qualitätsanforderungen gerecht werden zu können. Bild 182 zeigt die Kombination einer Rundsiebpartie von sechs Rundsieben mit einer Langsiebpartie. Bei dieser Konstruktion steht die Rundsiebpartie im ersten Stockwerk über dem Langsieb. Die Rundsiebpartie läuft rückwärts, der erste Zylinder der gesamten Maschine liefert also die letzte Rundsiebbahn. Der Abnahmefilz läuft über den Rundsieben zurück und befördert die feuchte Bahn zur Vorpressenpartie, die mit zwei Saugpressen (erste und letzte Presse) und zwei Planpressen ausgerüstet ist. Innerhalb der Vorpressenpartie läuft die Kartonbahn zwischen dem Abnahmefilz und einem zusätzlichen Obertuch. Während das Obertuch und der Abnahmefilz nach Übergabe der Kartonbahn an einen Transportfilz zurücklaufen, führt letzterer die feuchte Kartonbahn dem Langsieb zu. Über dem zweiten Sauger des Langsiebes wird die Rundsiebbahn auf die Langsiebbahn aufgegeben. Zwischen dem dritten und dem vierten Sauger läuft eine Andruckwalze, welche die Rundsiebbahn fest auf die Langsiebbahn aufgautscht. Die innige Verbindung der beiden Bahnen erfolgt dann auf den weiteren Saugern, der Gautsche und der Pressenpartie. Es ist unbedingt notwendig, darauf zu achten, daß die Rundsiebbahn mit einem Trockengehalt, der 25 % nicht übersteigen darf, auf die Langsiebbahn aufgegautscht wird, um eine innige Verbindung der beiden Lagen miteinander zu erreichen und auch eine Blasenbildung zu vermeiden. Grundsätzlich gilt natürlich, daß die Stoffcharaktere der einzelnen Bahnen aufeinander abgestimmt sind. Zu beachten ist weiterhin, daß vor allem die Decke nicht zu dicht gearbeitet werden darf, damit durch sie noch Luft entweichen kann. Das ist notwendig, damit keine Qualitätsschäden entstehen. Ein zu schmieriger Rundsiebstoff wird ebenfalls sehr dicht und erschwert das Austreten von Luft und Dampf aus den Bahnen. Die Folge einer solchen Erscheinung ist dann Blasenbildung. Diese Blasen werden in der Trockenpartie zu Dampfblasen und sind eine Ursache zum Spalten des Kartons.
Eine andere Konstruktion findet man dort, wo ausreichende Räumlichkeiten vorhanden sind. In diesem Falle wird die Rundsiebpartie hinter der Langsiebpartie aufgestellt. Diese Aufstellung hat den Vorteil, daß beide Siebpartien auf einem Maschinenflur stehen und sich dadurch die Wartung und die Überwachung durch den Maschinenführer vereinfacht.
Bild 183 zeigt die Kombination einer Rundsiebpartie mit acht Rundsieben und einer Langsiebpartie. Die Rundsiebpartie läuft rückwärts. In der Vorpressenpartie läuft die Bahn dann zwischen Abnahmefilz und Obertuch. Die Vorpressenpartie besteht aus einer Saugpresse, die als Vorpresse angeordnet ist. Dieser folgen zwei Planpressen. Nach der letzten Gautschpresse wird die Kartonbahn einem Transportfilz übergeben, der sie auf das Langsieb überführt. Das Aufführen der Rundsiebbahn erfolgt hier zwischen dem fünften und sechsten Sauger unmittelbar vor dem Preßegoutteur. Wenn ohne Langsieb gearbeitet wird, wird der Transportfilz so eingezogen, daß die Kartonbahn direkt auf den ersten Preßfilz überführt werden kann, wie das aus dem Bild 183 zu ersehen ist (gestrichelte Linie). Bei der Kombination einer Rundsiebpartie mit zwei Langsieben stellt man die Langsiebpartien über bzw. unter der Rundsiebpartie auf. Man arbeitet dann entweder so, daß zwei Langsiebbahnen aufeinander und dann auf eine Rundsiebbahn aufgegautscht werden, oder man gautscht die Rundsiebbahnen auf die Langsiebbahnen.

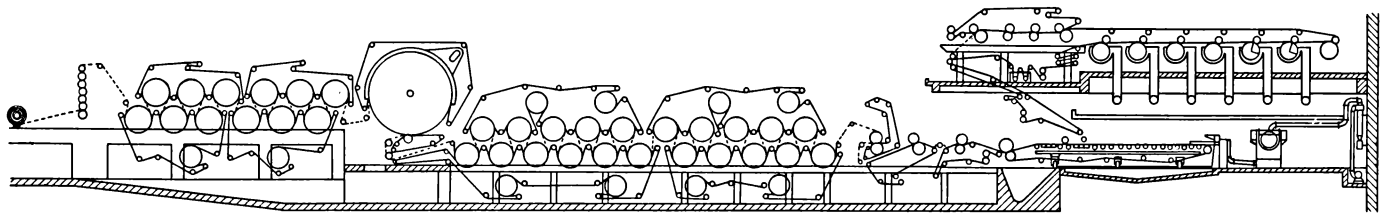


Bild 182. Kombination einer Rundsieb- mit einer Langsiebpartie, übereinander angeordnet

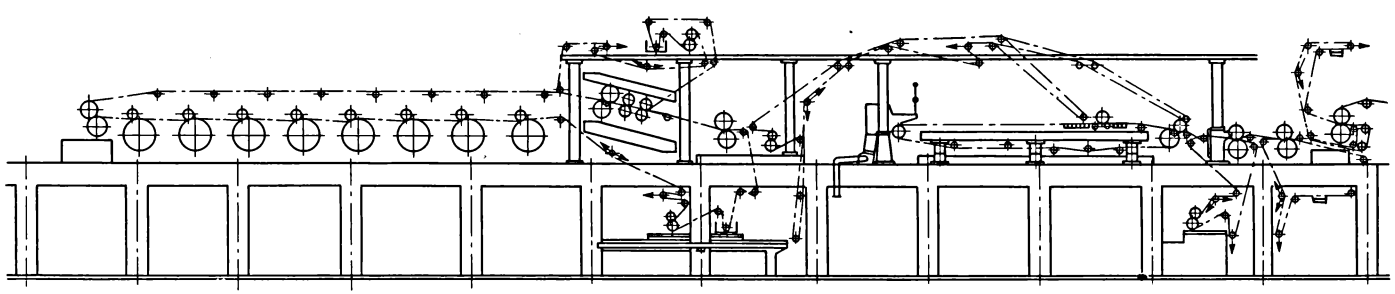


Bild 183. Kombinierte Rundsieb-Langsiebpartie, hintereinander angeordnet

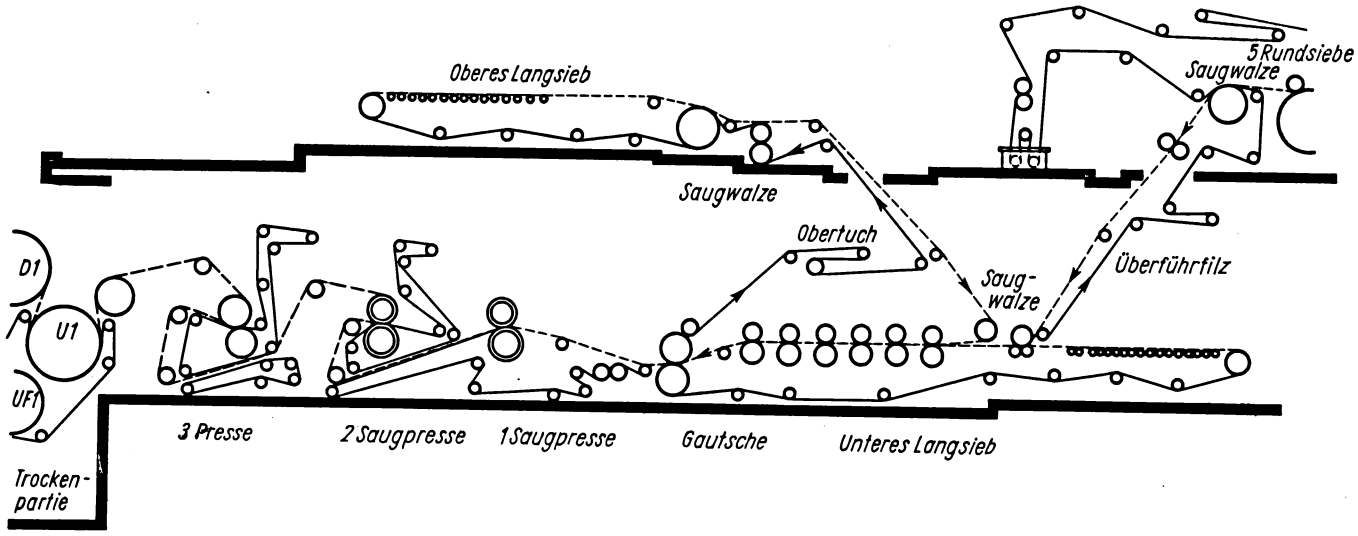


Bild 184. Kombinierte Langsieb-Rundsiebpartie

Eine weitere sehr interessante Konstruktion ist die im Bild 184 gezeigte Kombination einer Rundsiebpartie mit zwei Langsieben zur Erzeugung von Kartonsorten mit beiderseitig hochwertiger Decke. Während auf der Rundsiebpartie die Einlage, sowie die Schonschicht gearbeitet werden, erfolgt die Herstellung von Decke und Rückseite auf den Langsiebpartien. Das Aufgautschen der Rundsiebbahn erfolgt in der bereits beschriebenen Form auf das untere Langsieb, auf dem die Decke gearbeitet wird. Die Rückseite wird auf dem zweiten Langsieb hergestellt und ebenfalls auf die Rundsiebbahnen aufgebracht.

9.3.2. Mehrlangsiebmaschine

Diese Kombination findet man recht selten. Da sich aber solche Maschinen in Betrieb befinden, soll kurz darauf eingegangen werden. Es gibt folgende Kombinationen [98]:

1. Duplexerzeugnisse:
   a) Doppellangsieb,
   b) zwei gleichlaufende Langsiebe übereinander,
   c) zwei gegenläufige Langsiebe übereinander,

2. Triplexerzeugnisse:
   a) ein unteres Langsieb und ein oberes Doppellangsieb,
   b) drei gleichlaufende Langsiebe übereinander,
   c) drei gegenläufige Langsiebe übereinander,
   d) drei gegenläufige Langsiebe in zwei Etagen.

Eine Sonderkonstruktion ist die sogenannte „Erkens-Maschine", wie sie im Bild 185 gezeigt wird. Diese Maschine kann man als den Vorläufer der „Inverform-Siebpartie" bezeichnen. Bei dieser Maschinenkonstruktion arbeiten auf einem Tragsieb drei Obersiebe. Diese Obersiebe sind als normale Langsiebe ausgebildet und mit zehn bis fünfzehn Registerwalzen und ein bis zwei Saugern sowie einer Abgautschwalze ausgerüstet. Die Abnahme der Stoffbahn von den Obersieben und damit die Übergabe an die untere Siebpartie, die als normale Langsiebpartie ausgebildet ist, erfolgt über die Abgautschwalze.

9.3.3. Langsieb mit Sekundär-Stoffauflauf

Als eine Sonderkonstruktion, die besonders für die Herstellung dünner Kartonsorten, wie z. B. Karton für Wellpappe und andere, in zunehmendem Maße eingesetzt wird, ist ein Langsieb, das mit einem Sekundär-Stoffauflauf ausgerüstet ist. Wie aus dem Bild 186 zu entnehmen ist, wird der Sekundär-Stoffauflauf über der Saugerpartie, und zwar in den meisten Fällen hinter dem zweiten Sauger angeordnet. Mit diesem Stoffauflauf wird auf die bereits vorentwässerte Faserstoffbahn eine weitere Stoffbahn aufgetragen, um dadurch dem Erzeugnis spezielle Eigenschaften zu verleihen. Allerdings ist dabei zu beachten, daß es sich dabei nicht um ein Blatt mit hoher Masse je Flächeneinheit handeln kann, das damit aufgetragen wird, weil in relativ kurzer Zeit

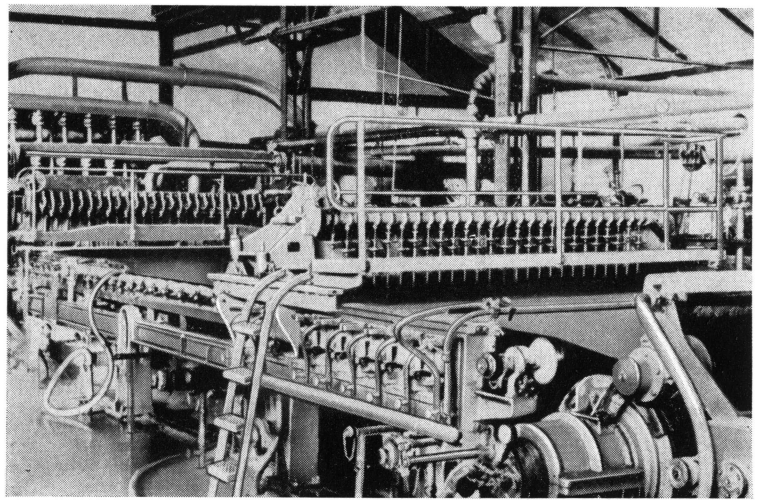


Bild 186. Langsiebpartie mit Sekundärstoffauflauf

eine Entwässerung durch die bereits gebildete und vorentwässerte Bahn hindurch erfolgen muß, d. h. auf der Strecke vom zweiten Sauger bis zur Saugwalze. Deshalb sollen die für die Unter- und Deckschicht verwendeten Stoffe röschen Charakter haben. Im allgemeinen rechnet man damit, daß der Deckschichtauftrag 15···20 % der Masse je Flächeneinheit der Unterschicht beträgt. Mit dieser Konstruktion ist es möglich, dünne Kartonsorten, unter Verzicht auf Rundsiebe, zu fertigen und dabei gleichzeitig die Geschwindigkeits- und Leistungsgrenze bedeutend zu erhöhen, was sich wiederum auf die Wirtschaftlichkeit der Anlage positiv auswirkt.

9.4. Antrieb

Ein nicht unwesentlicher Faktor für die Wirtschaftlichkeit einer Anlage ist ein möglichst geringer Energieverbrauch. Deshalb sollen besonders auch bei den Kartonmaschinen solche Antriebe gewählt werden, die es ermöglichen, die von den Motoren übertragene Energie möglichst vollkommen zu nutzen. Das bedeutet aber, daß mechanische Übertragungsglieder zu vermeiden sind und eine unmittelbare Kupplung zwischen Motor und Maschine erreicht werden muß. Mit dieser Form ist höchste Wirtschaftlichkeit zu erzielen. Dieses Verfahren läßt sich aber in der Kartonerzeugung nicht überall anwenden. Während die Auflöseaggregate, wie Turbolöser, Holländer, Hydromühlen, Entstipper und auch Pumpen und andere mehr, direkt gekuppelt werden können, ist das bei der Kartonmaschine nicht möglich. Das liegt vor allem daran, daß selbst dann, wenn die Maschinen relativ schnell laufen, die Drehzahl der Wellen so gering ist, daß eine direkte Kupplung mit dem Elektromotor nicht zweckmäßig ist, weil eine Anwendung von Sonderbauarten in allen Fällen eine Verteuerung mit sich bringen würde. Diese Eigenart, die nicht nur in der Kartonerzeugung, sondern in vielen Bereichen der Papier- und Pappenindustrie zu finden ist, erfordert, daß

zwischen den Elektromotor und die Erzeugungsmaschine ein Übertragungsorgan geschaltet wird. Bei der Wahl des Antriebes von Kartonmaschinen ist stets die Entscheidung zu treffen, ob eine mechanische oder elektrische Übertragung gewählt wird. Zweifellos hat der elektrische Antrieb viele Vorteile. Von allen Antrieben in der Kartonerzeugung stellt der Antrieb der Kartonmaschine die höchsten Anforderungen an Präzision und Genauigkeit. Das trifft ganz besonders auf die eigentlichen Regelantriebe zu.

Während die im konstanten Teil befindlichen Bütten, Hydromühlen, Reinigungsaggregate und andere mehr mit konstanter Drehzahl arbeiten und deshalb auch nicht mit regelbaren Motoren ausgerüstet sein müssen, ist das im variablen Teil der Maschine wesentlich anders. Hier sind die Verhältnisse komplizierter. Die Gestaltung des Antriebes und die Genauigkeit seiner Arbeitsweise haben einen sehr großen Einfluß auf die Qualität und die gewünschten Eigenschaften des Enderzeugnisses sowie auf die Leistung der Kartonmaschine. Eine weitere Notwendigkeit, welche die Auslegung eines Antriebes beeinflußt, ist das Vorhandensein einer möglichst niedrigen Hilfsgeschwindigkeit, die besonders zum Anfahren, für Sieb- und Filzwechsel, Filz- und Siebreinigungsarbeiten und ähnliches benötigt wird. Der Antrieb muß so gebaut sein, daß die einzelnen Gruppen nicht nur jede für sich eingeschaltet, sondern auch in bestimmten Grenzen untereinander geregelt werden können. Das ist zur Einstellung der Züge erforderlich, um die auftretenden Dehnungen und Schrumpfungen der Kartonbahn auszugleichen. Zu große Regelbereiche komplizieren und verteuern die Anlage. Der ideale Antrieb ist deshalb ein solcher, der stufenlos regelbar ist. Im allgemeinen wird man bei Kartonmaschinen einen Regelbereich von 1:5 bis 1:8 vorfinden. Es wurde bereits gesagt, daß die verschiedensten Komponenten bei der Auslegung eines Antriebes eine Rolle spielen. Dabei besteht in der Karton- und Papiererzeugung die Besonderheit, daß infolge der eintretenden Dehnung und Schrumpfung des Erzeugnisses während seines Durchlaufes durch die Maschine die einzelnen Gruppen mit unterschiedlicher Geschwindigkeit laufen müssen. Dabei ist ganz besonders darauf zu achten, daß der Karton weder durchhängen darf noch großen Zugspannungen ausgesetzt werden soll, das heißt, daß die einzelnen Gruppen gegeneinander regelbar sein müssen. Diese Regelung erfolgt unterschiedlich nach der Art der Antriebe.

Da bei den Kartonmaschinen heute noch sowohl der Riemenantrieb als auch der Mehrmotorenantrieb zu finden ist, soll auf beide Arten eingegangen werden.

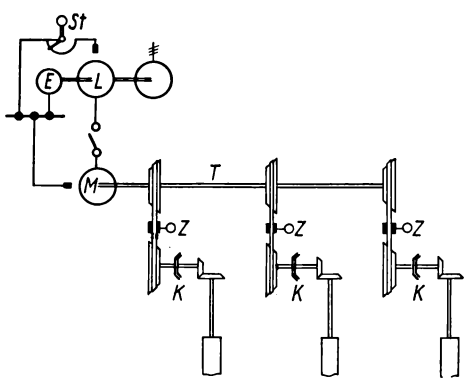


Bild 187. Mechanischer Antrieb mit Längswelle

M = Antriebsmotor, *S* = Schalter, *Z* = Keilriemenverstellung, *T* = Längstransmission, *St* = Steuersäule, *L* = Leonard-Aggregat, *E* = Erregermaschine

Es liegt fern, heute noch auf den total veralteten Antrieb mit den komplizierten und viel Kraft verbrauchenden Paralleltransmissionen einzugehen. Eine Antriebsart, die man aber heute noch sehr viel vorfindet, ist die Übertragung von einer regelbaren Antriebsmaschine über eine Längswelle mittels Riemen auf die Getriebe. Bild 187 zeigt die Anlage eines derartigen Antriebes. Wie aus dem Bild zu ersehen ist, erfolgt die Übertragung von einer Längswelle, die sich in diesem Falle auf dem Maschinenflur befindet, mittels Riemens auf die Antriebsscheiben der einzelnen Gruppengetriebe. Um eine Zugregelung vornehmen zu können, sind die Übertragungsscheiben auf der Längswelle und an den Getrieben als konische Scheiben ausgebildet. Um mehr Platz auf der Antriebsseite der Maschine zu haben, verfährt man auch so, daß die Längswelle in den Maschinenkeller verlegt wird und die Riementriebe dann nach oben zu den Getrieben geführt werden.

9.4.1. Mechanischer Antrieb

Eine Kombination, die ebenfalls zu finden ist, ist eine solche mit einem Mehrmotorenantrieb. In diesem Falle werden die Antriebe der Naßpartie als Einzelgruppenantriebe ausgelegt, z. B. Langsieb und erste bis dritte Presse, während der Antrieb der einzelnen Gruppen der Trockenpartie über eine Längswelle erfolgt.

9.4.2. Mehrmotorenantrieb

Der bei modernen Maschinen am häufigsten angewendete Antrieb ist der Mehrmotorenantrieb. Die Vorteile dieser Antriebsart liegen einmal auf der ökonomischen Seite, weil durch den Wegfall der Transmission eine Leistungsersparnis eintritt. Zum anderen hat dieser Antrieb bedeutende betriebstechnische Vorteile, die darin begründet sind, daß absolute Gleichheit in den Drehzahlverhältnissen der einzelnen Gruppen vorhanden ist und dadurch ohne Schwierigkeiten die oberste Geschwindigkeitsgrenze erreicht werden kann. Es kommt hinzu, daß eine sehr feinfühlige Regulierung der Züge möglich ist. Damit ist eine weitgehende Anpassung an die natürlichen Größenänderungen der Kartonbahn gegeben. Das hat eine nicht unbedeutende Auswirkung auf

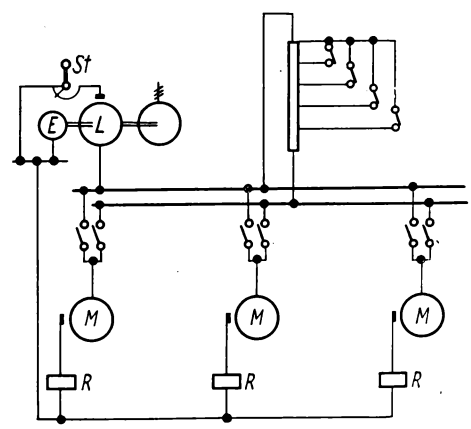


Bild 188. Mehrmotorenantrieb einer Kartonmaschine

M = Gruppen-Antriebsmotoren, R = Ferndifferentiale, *L* = Leonard-Aggregat, *E* = Erregermaschine, *St* = Steuersäule

die Qualität des Erzeugnisses insofern, als ein Überdehnen der Bahn durch zu straffe Züge und eine Faltenbildung durch zu schlaffe Züge vermieden werden kann.
Das bedeutet also zusammengefaßt, daß man mit einem derartigen Antrieb die Blattbildung und alle anderen Komponenten für ein qualitativ einwandfreies Erzeugnis wesentlich besser beeinflussen kann, als das bei den herkömmlichen Antriebsarten der Fall ist. Bild 188 zeigt das Prinzipschaltbild eines Mehrmotorenantriebes. Aus dem Bild ist zu ersehen, daß ein derartiger Antrieb bedeutend übersichtlicher und zugänglicher ist als bei älteren Antriebsarten. Die regelbaren Antriebsmotoren sind mit den Getrieben direkt gekuppelt und diese wiederum mit der Antriebswelle der jeweiligen Gruppe. Die Geschwindigkeitsregelung erfolgt nicht mehr mit Hilfe von konischen Scheibenpaaren, die direkt im Antriebsraum hinter der Kartonmaschine angeordnet waren. Hierzu verwendet man die sogenannten Ferndifferentiale, die für den gesamten Antrieb in einem gesonderten Raum zusammengefaßt werden und deren mechanische Differentiale miteinander gekuppelt sind. Bild 189 zeigt einen Umformerraum mit Ferndifferentialen für eine Kartonmaschine. Die Ferndifferentiale stellen praktisch die bisher verwendeten konischen Riementriebe in verkleinerter Form dar. Diese werden von Steuerpulten, die unmittelbar an der Maschine untergebracht sind, fernverstellt.

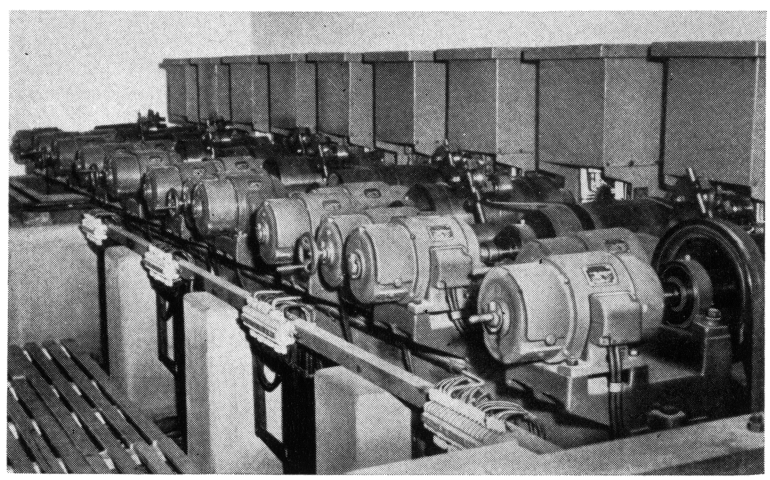


Bild 189. Ferndifferentiale für die Antriebsregelung

9.5. Maschinenstrich und -streicheinrichtungen

Wie bereits kurz angedeutet, entwickelte man speziell in den letzten Jahrzehnten Verfahren und Einrichtungen, die geeignet sind, den Karton direkt in der Erzeugungsmaschine einer Oberflächenveredlung zu unterziehen. Das ist besonders darin begründet, daß der Hersteller mit dem zunehmenden Bedarf an Faserstoffen und den damit verbundenen Kosten versuchte, hochwertige Faserstoffe durch andere, billigere Rohstoffe zu ersetzen und dabei gleichzeitig eine Verbesserung der Oberfläche zu er-

reichen. Eine Verbesserung der Oberfläche hinsichtlich ihrer Geschlossenheit bietet eine wesentliche Voraussetzung für die Herstellung bester Druckerzeugnisse.
In Europa baute man bereits seit langen Jahren den Glättzylinder mit Deutscher Presse in die Kartonmaschinen ein und erreichte damit eine gute Geschlossenheit der Oberfläche und eine hochwertige Glätte. In anderen Ländern ging man vor allem in den letzten Jahren zunächst den Weg, daß man auch in Kartonmaschinen mehrere zusätzlich mit Wasserschabern ausgerüstete Glättwerke hintereinanderschaltete und zum Teil heizbar machte, um dadurch eine größere Geschlossenheit der Oberfläche zu erzielen. Die neueste Entwicklung zeigt aber, daß durch die Anwendung von Streichmitteln und deren Auftrag in der Kartonmaschine eine wesentlich höhere Veredlung erfolgen kann.

9.5.1. Rohstoffe

9.5.1.1. Bindemittel

Aufgabe der Bindemittel ist es einerseits, die Pigmentteilchen eingehend miteinander zu verbinden, und andererseits, eine feste Verbindung derselben mit der Kartonoberfläche zu schaffen. Als Bindemittel verwendet man heute neben Stärke und Kasein in zunehmendem Maße synthetische Bindemittel, zu denen unter anderen die Carboxylmethyl-Zellulose, Polyvinylverbindungen verschiedenster Art, Polyacrylsäureester, Latex verschiedener Art, Polyesterharze zählen, um nur einige zu nennen. Zu erwähnen sind weiter Melaminharze usw. Der Einsatz der einzelnen hier genannten Bindemittel erfolgt entsprechend der vom Endprodukt geforderten Qualität und nach dem Verwendungszweck des Endproduktes.

9.5.1.2. Pigmente

Als Pigmente werden die verschiedensten Arten und Sorten eingesetzt, wobei sich die einzusetzende Sorte gleichfalls nach der geforderten Qualität des Fertigerzeugnisses richtet. *Wultsch* [99] hat in einer Veröffentlichung in sehr übersichtlicher Weise die für die Herstellung von Streichmassen verwendbaren Pigmente zusammengestellt, wie aus nachstehender Tabelle zu entnehmen ist.

9.5.1.3. Sonstige Hilfsmittel

Als weitere Mittel bei der Herstellung von Streichmassen verwendet man außer den Schaumverhütungsmitteln, die auf der Basis hochmolekularer Alkohole und ähnlichen hergestellt werden, zur Erreichung eines bestimmten Farbtones Farbstoffe sowie Paraffine und Wachse. Außer dem Vorteil der Schaumverhütung bringen diese Zugaben noch qualitative Vorteile in bezug auf die Glätte und damit auch die Geschlossenheit der Oberfläche. Um höhere Weißgrade zu erzielen, werden weiterhin verschiedene Sorten optischer Aufheller verwendet.

9.5.2. Aufbereitung der Streichmassen

Um eine gute Streichmasse und damit wiederum einen guten Strich zu erhalten, ist es notwendig, die Materialien gut aufzulösen und zu mischen, damit eine gleichmäßige

Tabelle 41. Pigmente für Streichmassen

Pigment	Ungefähre Zusammensetzung	Brechungsindex	Weiße, trocken in %	Teilchengröße	Dichte
Bariumsulfat:	$BaSO_4$	1,64	95	2···5	4,48
nat., gemahlener Baryt, prezipitiert					
Blanc fix		1,65	98	0,5···2	4,35
Kalziumkarbonat:					
nat., gemahlen	$CaCO_3$ (etw. MgO, $MgCO_3$)	1,66···1,49	90···95	1···5	2,7
prez. $Ca(OH)_2$ Proz.		1,66···1,49	90···97	0,5···1	2,7
prez. CaCl Proz.	$CaCO_3$	1,66···1,49	97	0,1···0,3	2,7
Kalziumsilikat:					
nat., gemahlen	52 % SiO_2, 48 % CaO	1,62	90···95	1···5	2,9
synthetisch	SiO_2:CaO = 3,3	—	95	0,01···0,05	2,1
Kalziumsulfat:					
nat. gemahlener Gips	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	1,53	70···80	1···5	2,32
Anhydrit	$CaSO_4$	1,58	96	1···5	2,96
Kalziumsulfit:	$CaSO_3 \cdot {}^1/_2 H_2O$	1,57	92···96	90 % < 5	2,51
Kaolin (China Clay), geschlämmt	Aluminiumsilikat	1,55	80···90	80 % < 5	2,58
kalziniert		1,6	80···90	80 % < 5	3,23
Satinweiß	Kalziumsulfoaluminat				
Silikat (Diatomen erd):					
nat., gemahlen	SiO_2 von Fossilien	1,40···1,49	65···70	90 % < 4	2,0
kalziniert		1,40···1,49	90···92	2···10	2,3
Talkum	$3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$	1,57	70···85	80 % < 5	2,7
ultrafeiner Typ		1,57	90···97	0,25···0,5	2,75
Titandioxid					
anatase Form	TiO_2	2,55	98···99	0,2···0,5	3,25
rutile Form		2,70	97···98	0,2···0,5	4,2
Ti-Ca-Komp.	50 % rutile F, 50 % Ca SO_4	1,98	97···98	0,5···0,7	3,47
70 %	30 %	1,84	97···98	0,5···0,7	3,25
Zeolite:					
Na-Ca-Aluminat	variabel	1,50	90	0,01···0,05	2,2
Na-Si-Aluminat		1,51	90	0,01···0,05	2,12
Zink:					
Lithopone	28 % ZnS, 72 % $BaSO_4$	1,84	97···98	0,3···0,5	4,3
Zinkoxid	ZnO	2,01	97···98	0,3···0,5	5,6
Zinksulfit	ZnS	2,37	97···98	0,3···0,5	4,0

Emulsion entsteht. Zu diesem zweck verwendet man hierzu besonders konstruierte Mischeinrichtungen, welche die Voraussetzungen für eine einwandfreie Qualität garantieren. Diese Mischeinrichtungen sind mit Schnellrührwerken ausgerüstet, die eine schnelle und sehr intensive Emulgierung garantieren.

9.5.3. Leimpressen

Die Leimpresse wird sowohl zum Auftragen einer Oberflächenleimung als auch eines dünnen Striches verwendet. Man wendet dazu die verschiedensten Konstruktionen von Leimpressen bzw. andere hierzu geeignete Verfahren an, die eine Weiterentwicklung der ursprünglichen Form sind. Als grundsätzliche Formen der Leimpresse kann man die Zweiwalzenpresse bezeichnen, die entweder vertikal oder horizontal ausgeführt ist. Bild 190 zeigt eine vertikale Leimpresse in einer Trockenpartie. Die Presse besteht aus zwei übereinanderliegenden Walzen (2) und (3), von denen die untere meist mit Gummi bezogen ist und eine Härte von 25 bis 30 Plastometerpunkten hat. Die Bezüge der oberen Walze sind unterschiedlich, wobei man sowohl Bronze als auch Chromplattierung, Stonite und Gummi verwendet. Der Auftrag der Streichmasse erfolgt entweder nur auf einer Seite, kann aber auch beidseitig vorgenommen werden. Die Streichmasse wird durch zwei Spritzrohre (5) zugeführt. Wie aus dem Bild ersichtlich ist, passiert die Kartonbahn nach dem Verlassen des letzten Trockenzylinders der Vortrockengruppe zunächst eine Federwalze (1), die in der Höhe verstellbar ist, um den Zugwinkel in die Leimpresse einstellen zu können. Vor dem Einlauf in das Walzenpaar erfolgt die Berührung mit der Streichmasse, deren Auftragsmenge durch den Abstand der Walzen zueinander und die Viskosität der Streichmasse bestimmt wird. Gleichzeitig haben die Walzen die Aufgabe, den Strich gleichmäßig über die Bahnbreite zu verteilen. Die überschüssige Streichmasse läuft an den beiden Stirnseiten der Unterwalze ab, wird in einer darunterliegenden Wanne (6) aufgefangen und von dort wieder in den Vorratsbottich gepumpt. Auf dieser Strecke läuft die Streichmasse über ein feines Sieb, das Verunreinigungen zurückhält. Die aus der Leimpresse kommende Bahn passiert in vielen Fällen noch eine Ausstreichwalze (4). Damit wird eine noch bessere Verteilung des Aufstriches erreicht. Danach

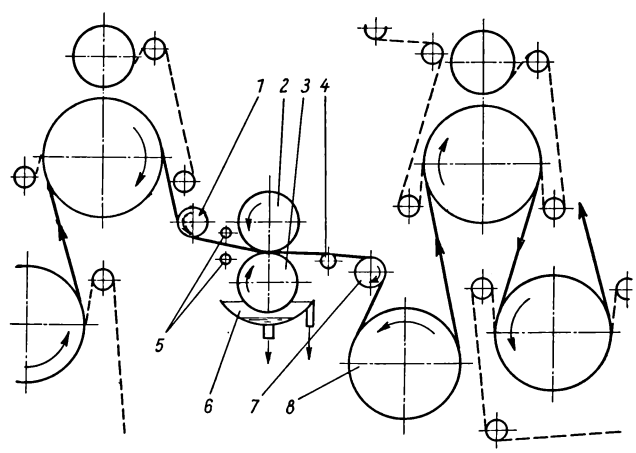


Bild 190
Vertikale Leimpresse

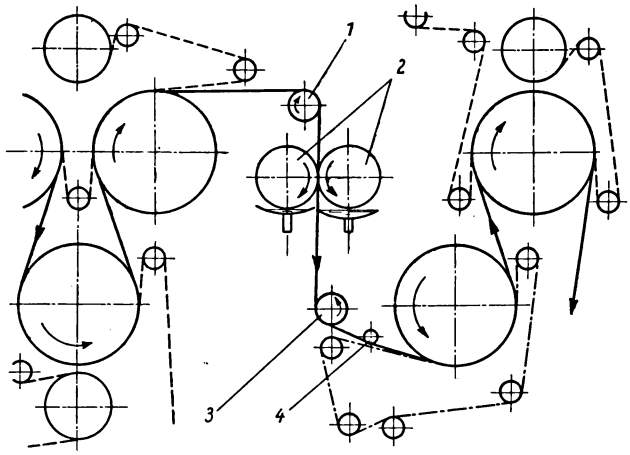


Bild 191
Horizontale Leimpresse

wird die Kartonbahn über eine Federwalze (7) der Nachtrockenpartie zugeführt, deren erster und auch in vielen Fällen zweiter Zylinder nackt läuft (Babyzylinder) (8), um eine Beschädigung des Striches zu vermeiden. Die nachfolgenden Trockenzylinder sind dann wieder mit Filz bespannt.

Die andere Form ist die im Bild 191 gezeigte horizontale Leimpresse. Auch mit dieser Bauart ist sowohl ein einseitiger als auch zweiseitiger Aufstrich möglich. Der Auftrag der Streichmasse erfolgt ebenfalls nach dem Passieren einer Federwalze durch Walzen (2). Infolge der Konstruktion ergibt es sich, daß auf beiden Seiten oder aber auch bei einseitigem Strich nur auf einer Seite ein Sumpf gebildet wird, durch den hindurch bzw. an dem vorbei die Kartonbahn geführt wird. Die Strichdicke wird auch hier durch die Regulierung des Walzendruckes und die Viskosität bestimmt. Die überschüssige Streichmasse wird seitlich abgeführt und nach der Reinigung durch ein Sieb in den Vorratsbehälter zurückgepumpt. Die aus der Leimpresse kommende Kartonbahn wird zunächst auf einer entsprechenden Strecke frei geführt, passiert dann eine Federwalze (3) und eine Ausstreichwalze (4), bevor die Einführung in die Nachtrockenpartie erfolgt.

Bei dem Auftragen von Leimpressenstrichen darf der Trockengehalt der Kartonbahn nach Möglichkeit nicht unter 80···90 % liegen. Die erreichbaren Aufstrichmengen betragen bis zu 12 g/m², wobei die Feststoffgehalte der Streichmassen in den meisten Fällen 35···50 % betragen [99].

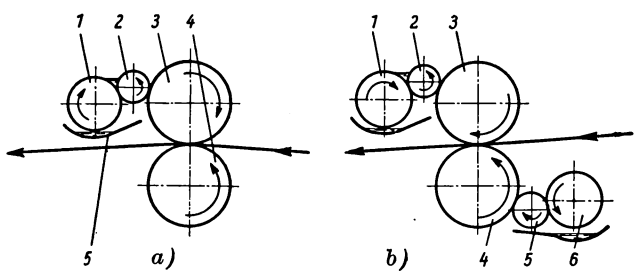


Bild 192. Kimberley-Clark-Mead-Verfahren
a) einseitiger Strich
b) zweiseitiger Strich

Ein weiteres Verfahren, das sich nach Angaben von *Wultsch* besonders für das Streichen von Karton in der Maschine gut anwenden läßt, ist das Kimberly-Clark-Mead-Verfahren. Dieses Verfahren ist sowohl für einseitigen als auch für zweiseitigen Strich verwendbar, wie aus Bild 192 zu ersehen ist. Bei dieser Konstruktion erfolgt der Auftrag nicht unmittelbar. Zwischen der Gummiwalze (1) bzw. (6) und der Stahlwalze (2) bzw. (5) bildet sich durch die Zuführung der Streichmasse ein Sumpf. Durch Einstellung der Walzen (1) und (2) zueinander wird ein gewisser Spalt gelassen, dessen Breite die Strichdicke bestimmt. Die von der Walze (2) mitgenommene Menge wird auf die Gummiwalze (3) und von hier auf die Kartonbahn übertragen. Den Liniendruck zwischen den Walzenpaaren 1 und 2 und 2 und 3 gibt *Wultsch* mit 13 bzw. 16 kp/cm an. Der Liniendruck zwischen dem vertikalen Walzenpaar 3 und 4 beträgt 2···5 kp/cm. Man erreicht mit dieser Anordnung des Strichauftrages eine bessere Gleichmäßigkeit über die gesamte Bahnbreite. Der Überschuß der Streichmasse wird in eine Wanne (5) geleitet, die unter den Walzen 1 und 2 angebracht ist. Die Konsistenz der Streichmasse beträgt bei diesem Verfahren bis zu 70 %. Dabei können je Kartonseite 20···35 g/m² Strich aufgetragen werden. Der Trockengehalt der Kartonbahn soll vor dem Eintritt in die Leimpresse etwa 80 % betragen. Der Geschwindigkeitsbereich geht bis zu 350 m/min.

Ein Verfahren, das ebenfalls für das Streichen von Karton gut geeignet ist, ist das Champion-Maschinenstreichverfahren (Bild 193). Wie aus dem Bild ersichtlich ist, wird die Streichmasse durch eine Tauchwalze aufgenommen und von der gleichen Walze auf die Kartonbahn übertragen. Die Egalisierung der Aufstrichmasse erfolgt durch eine Ausstreichwalze, die der Tauchwalze nachgeordnet ist. Allerdings können mit dieser Vorrichtung nur Strichdicken von etwa 2···8 g/m² erreicht werden, was eine geringe Viskosität der Streichmasse bedingt. Der Vorteil des Verfahrens liegt aber darin, daß es bei einem Bahntrockengehalt von 50 % eingesetzt werden kann.

Das in Bild 194 gezeigte Maschinenstreichverfahren arbeitet mit einer Luftbürste. Dieses Verfahren ist allerdings nur zum Aufbringen eines einseitigen Striches geeignet. Es beruht darauf, daß die Streichmasse auf die den Kalander verlassende Kartonbahn von einer in die Streichmasse eintauchenden Auftragswalze (2) im Überschuß aufgetragen, der aufgebrachte Strich anschließend durch die gegen die Leitwalze (3) drückende Luftbürste (5) egalisiert und der Überschuß abgestrichen wird. Die Luftbürste arbeitet mit einem mehr oder minder starken Luftstrahl. Man unterscheidet zwei Arten von Luftdüsen, und zwar die eigentliche Luftbürste, die in V-Form ausgebildet ist und so die bürstende Wirkung ausübt, und das Luftmesser, aus dem der

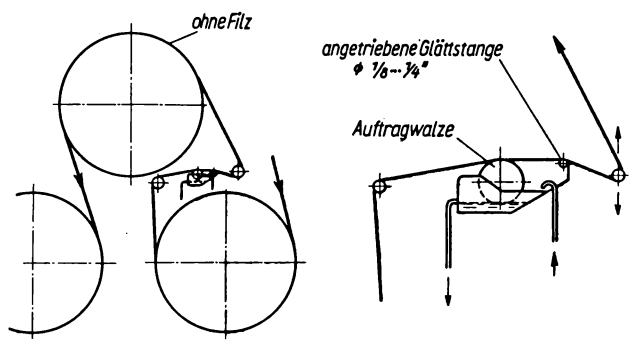


Bild 193. Champion-Maschinenstreichverfahren

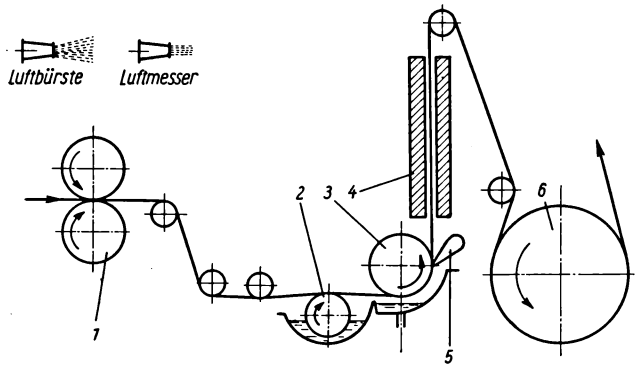


Bild 194
Air-Knife-Maschine-Coater

Luftstrahl scharf gebündelt austritt, so daß ein direktes Abschneiden des Überschusses erfolgt. Die so gestrichene Kartonbahn passiert, bevor sie in die Nachtrockenpartie einläuft, ein Strahlungsheizsystem (4) und dann einen Babyzylinder. Der Trockengehalt der Streichmasse liegt zwischen 35 und 45 %, und die erreichbare Aufstrichdicke beträgt bis zu 25 g/m².

Die bisher geschilderten Leimpressen werden allgemein nach dem zweiten Drittel der Trockenpartie aufgestellt, damit im letzten Drittel genügend Trockenfläche für die Resttrocknung vorhanden ist. Das ist notwendig, da die Kartonbahn außer der bereits vorhandenen Feuchtigkeitsmenge durch die Streichmasse weitere Feuchtigkeit aufnimmt, die zusätzlich verdampft werden muß.

Eine weitere Leimpresse ist im Bild 195 gezeigt. Die Bahn passiert zunächst ein Maschinenglättwerk, ist also bereits vollkommen getrocknet. Dem Glättwerk sind nochmals zwei Trockenzylinder nachgeordnet. Im Anschluß an diese Zylinder erfolgt ein einseitiger Luftbürstenstrich, dem sich eine beiderseitige Trocknung mittels Heißluft- oder Infrarotbatterien anschließt, zwischen die ein Trockenzylinder als Wendezylinder geschaltet ist. Anschließend erfolgt ein Glätten der Kartonbahn auf dem nachgeschalteten zweiten Glättwerk.

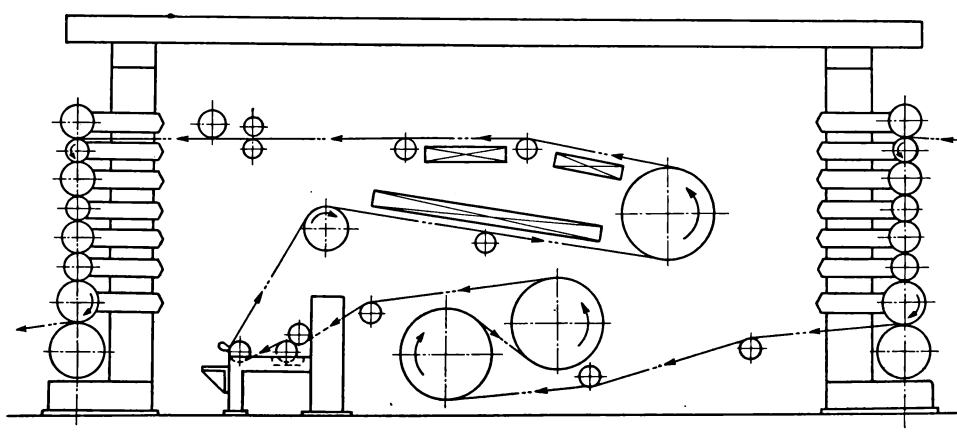


Bild 195. Luftbürstenstreichanlage zwischen zwei Glättwerken

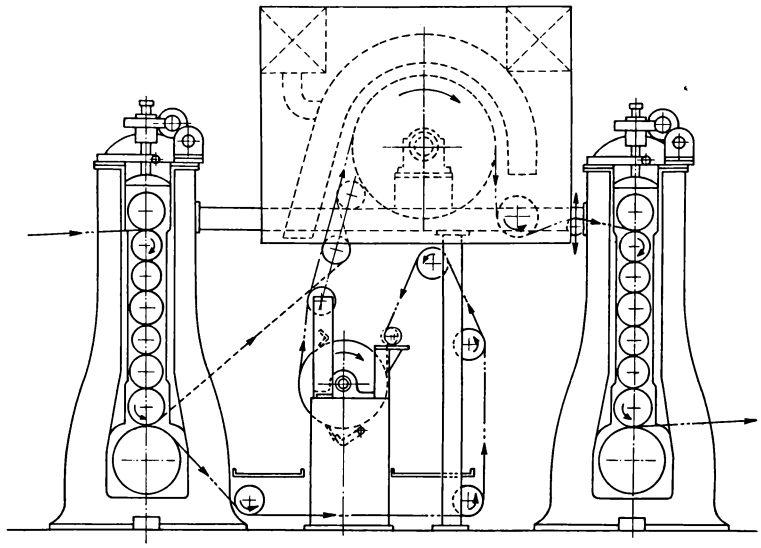


Bild 196. Maschinenstreicheinrichtung zwischen zwei Glättwerken

Die im Bild 196 gezeigte Streicheinrichtung zwischen zwei Glättwerken verwendet zur Trocknung des einseitigen Striches einen 3-D-Trockner (siehe Ziffer 9.2.7.).

9.5.4. Massey-Streicheinrichtung

Eines der ältesten bekannten Streichverfahren innerhalb der Maschine dürfte wohl das im Bild 197 gezeigte „Massey-Verfahren" sein. Es eignet sich für ein- und auch zweiseitigen Maschinenstrich. Bei der Anwendung dieses Verfahrens muß der Karton bereits vollständig getrocknet sein. Vor dem Einlauf in die Streicheinrichtung passiert der Karton ein Glättwerk, damit eine gute Gleichmäßigkeit der Bahn erreicht wird. Die Streichmasse wird, wie aus dem Bild zu ersehen ist, zunächst auf den Walzenpaaren (7), (9), (10) und (11) zugeführt. Von diesen erfolgt die Weiterführung über die Egalisierwalzen (7), (5), (3) bzw. (8), (6), (4) bis zu dem Gummiwalzenpaar (1) und (2), das den Auftrag auf die Kartonbahn vornimmt. Die Härte der Egalisier-

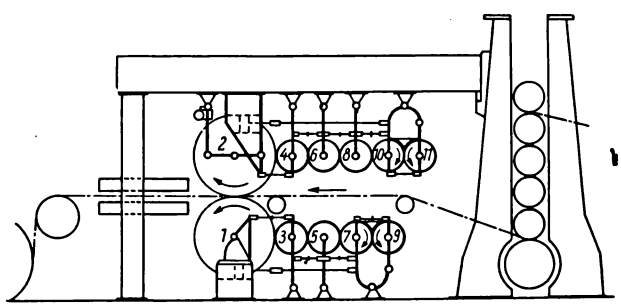


Bild 197
Massey-Streicheinrichtung

walzen liegt zwischen 100 bis 200 Plastometerpunkten bei einem Durchmesser von 500 mm. Der Durchmesser der Auftragswalzen (1) und (2) beträgt 1000 mm. Die Walzenhärte beträgt etwa 50 Plastometerpunkte. Bei einem Feststoffgehalt von bis zu 65 % können Strichdicken bis zu 15 g/m² je Bahnseite erzielt werden. Vor dem Einlauf in die Nachtrockenpartie wird zweckmäßig eine Heißluft- oder Infrarotbatterie angeordnet, um den Strich vorzutrocknen und so eine Beschädigung zu vermeiden.

9.5.5. Glätten des Striches mit der Bürstenmaschine

Im Bild 198 wird die Schlußgruppe einer Kartonmaschine gezeigt, die mit einer maschinenbreiten Luftbürstenstreicheinrichtung ausgerüstet ist und die einen Chromostrich von 15···25 g/m² auf eine Bahnbreite bis 3500 mm bei einer Maschinengeschwindigkeit von 80···100 m/min ermöglicht. Die Trocknung dieses starken Aufstriches erfolgt in einem Trockenkanal, der über der Trockenpartie liegt. Diesem Kanal ist eine Nachtrockengruppe mit 2 Papiertrocknern und 2 Kühlzylindern nachgeschaltet. Das Glätten des Kartons findet dann in zwei hintereinandergeschalteten Sechs-Walzen-Glättwerken statt. Zur Herstellung eines hohen Glanzes ist diesen Glättwerken eine „Bürstmaschine" nachgeschaltet, nach der die Aufrollung auf einen Poperoller erfolgt.

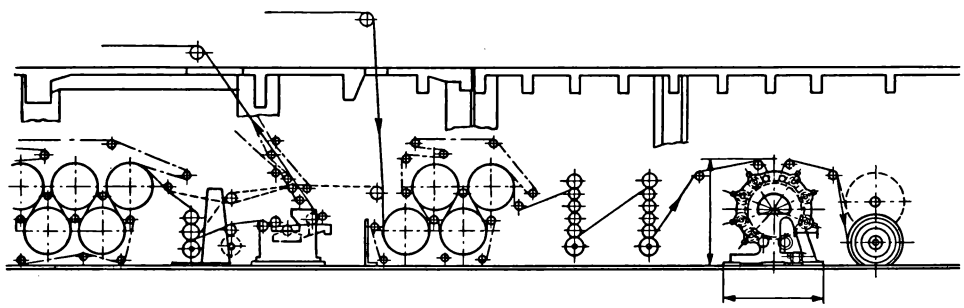
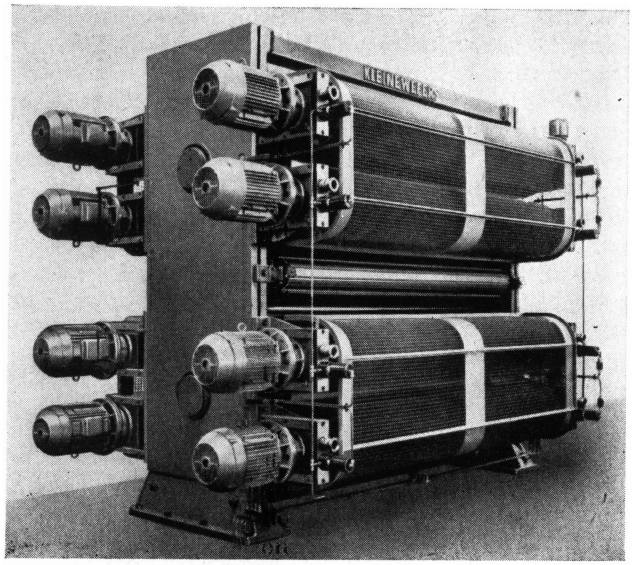


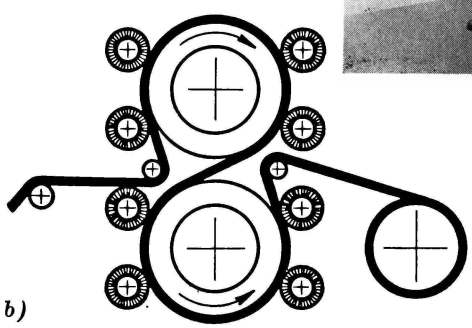
Bild 198. Maschinenstreicheinrichtung mit nachgeschalteter Bürstenmaschine

Die Vorgängerin dieser Bürstmaschine ist die Flachbürstmaschine, die bereits vor vielen Jahren bei der Herstellung von Glacépapieren verwendet wurde. Mit dem immer höheren Aufkommen maschinengestrichener Kartonsorten entstand auch immer mehr die Forderung nach einer hohen Glätte, die der des Kunstdruckpapiers möglichst gleichkommen soll, die aber mit Maschinenglättwerken nicht zu erreichen ist. Das Bestreben ging deshalb dahin, eine Maschine zu finden, die es ermöglicht, diesen Hochglanz im Anschluß an das Glättwerk einer Kartonmaschine herstellen zu können.

Die Zylinderbürstmaschine besteht aus mehreren Walzenbürsten [100]. Es werden wahlweise 4, 6 und 7 Bürsten verwendet, die je 380 mm Durchmesser haben und teils mit Roßhaaren, teils mit Kunstfasern bestückt sind. Diese Walzen sind um einen gußeisernen Zylinder von 1250···1500 mm Durchmesser angeordnet. Der Anpreßdruck gegen die Kartonbahn ist regulierbar. Die Anpressung muß so erfolgen, daß durch zu hartes Bürsten nicht der Strich beschädigt wird. Um eine möglichst gute

a)





b)

Bild 199. Kleinewefers-Bürstenmaschine
a) Gesamtansicht
b) Querschnitt

Glättwirkung zu erzielen, sind drei Bürsten changierend angeordnet. Jede Bürste wird durch einen eigenen Drehstrommotor angetrieben. Durch eine angebaute Hydraulik lassen sich sämtliche Walzen gleichzeitig von der Kartonbahn abheben. Bisher wurden diese Maschinen mit Arbeitsbreiten bis zu 3200 mm gebaut. Die Bürstgeschwindigkeit beträgt etwa 30···60 m/min.
Eine vollkommen neue Konstruktion auf diesem Gebiet ist die im Bild 199 gezeigte Bürstmaschine, die sich für den direkten Einbau in Kartonmaschinen eignet. Der Vorteil gegenüber der vorher gezeigten Maschine ist der, daß sich auf ihr sowohl einseitig als auch zweiseitig gestrichene Kartonsorten mit einem Hochglanz versehen lassen, wie auch aus dem Teil b (Schemazeichnung) des Bildes zu erkennen ist.

9.6. Aufbereitung des Maschinenausschusses

Die bei der Herstellung von Karton an der Kartonmaschine anfallenden Ausschußmengen müssen zur Gewährleistung einer möglichst hohen Wirtschaftlichkeit unmittelbar an der Kartonmaschine wieder aufbereitet, in einen pumpfähigen Zustand versetzt und der Stoffaufbereitung vor der Kartonmaschine wieder zugeführt werden.

Bekanntlich fallen an der Kartonmaschine sowohl feuchter als auch trockener Ausschuß an, wobei ersterer im Bereich der Naßpartie und letzterer hauptsächlich an den Glättwerken und dem Poperoller anfällt. Ein Anfall von Trockenausschuß in der Trockenpartie kann sich nur auf außerordentliche Ausnahmen beschränken. Praktisch darf in diesem Bereich kein Ausschuß entstehen.
Um den Ausschuß zur Wiederverwendung zu bringen, ohne zusätzliche Arbeitskräfte dafür einzusetzen, wird dieser durch geeignete Auflöseaggregate in einen pumpfähigen Zustand gebracht und durch Spezialpumpen nach der Stelle gefördert, wo er wieder zugeteilt werden kann.

9.6.1. Aufbereitung des Naßausschusses

Infolge der größeren Bahnbreiten und auch größeren Arbeitsgeschwindigkeiten der Kartonmaschinen können in der Zeiteinheit große Mengen Naßausschuß anfallen. Hierfür sind dementsprechend auch leistungsfähige Anlagen zur Auflösung erforderlich, die unterhalb der Naßpartie eingebaut werden. Zu diesem Zweck ordnet man an den Stellen, an denen mit einem Ausschußanfall gerechnet werden muß, das ist z. B. unter der Extraktorpresse, an der bei rückwärtslaufenden Kartonmaschinen der Abnahmefilz mit der Bahn wendet, unter der Rundsiebgautsche und unter der Langsiebgautsche Gautschbruchbütten an. In diesen Gautschbruchbütten wird der Ausschuß zunächst vorzerfasert und dann durch die Gautschbruchschnecke einer Fräserscheibe zugeleitet, die sich am Ende der Schnecke befindet. In dieser Fräserscheibe werden die groben Stoffteile weiter zerfasert und dann durch eine Lochplatte hindurchgedrückt, wobei eine Zugabe von Verdünnungswasser erfolgt. Um den Auflöseprozeß bei plötzlichem Ausschußanfall sofort einleiten zu können, verbleibt stets eine bestimmte Suspensionsmenge im Gautschbruch. Damit diese Suspensionsmenge konstant gehalten werden kann, läßt man den gelösten Stoff der Gautschbruchpumpe über einen Überlauf zulaufen. Die bei Ausschußanfall erforderliche Verdünnungswasserzugabe wird durch eine Lichtschranke gesteuert. Damit ist gewährleistet, daß bei Ausschußanfall eine sofortige Wasserzugabe erfolgt und ein Verstopfen des Gautschbruches vermieden wird. Der aufgelöste Ausschuß wird nach dem Verlassen der Gautschbruchbütte auf einen Gautschbrucheindicker gepumpt und dort auf Vorratsbüttenkonsistenz eingedickt, die etwa 5 % beträgt. Da auch auf den Naßpressen zeitweise mit einem Ausschußanfall zu rechnen ist, ordnet man oftmals, mindestens jedoch unter der ersten Presse, ebenfalls eine Gautschbruchbütte an.
Eine andere Form der Ausschußbeseitigung an der ersten Naßpresse ist die, daß man direkt hinter dem Schaberbalken eine Transportschnecke anordnet. Sie schaltet sich bei Ausschußanfall automatisch ein und führt den Stoff einer antriebsseitig angeordneten Schlotte zu, die direkt in die Gautschbruchbütte der Gautsche mündet. Bei dieser Anordnung spart man eine zusätzliche Gautschbruchbütte unter der ersten Presse.

9.6.2. Aufbereitung des Trockenausschusses

Der am Ende der Kühlgruppe, an den Glättwerken und am Poperoller anfallende Ausschuß kann ebenfalls einen großen Umfang annehmen. Das kann zu schnellen Verstopfungen unter der Maschine führen, wenn nicht eine sofortige Wiederauflösung

erfolgt. Außerdem erfordert die Beseitigung des Ausschusses unter der Maschine einen großen Aufwand an menschlicher Arbeitskraft und Zeit. Der bei alten, langsamlaufenden Maschinen noch erforderliche manuelle Abtransport zum Holländersaal ist deshalb nicht mehr vertretbar. Zur sofortigen Wiederauflösung unter dem Schlußteil der Kartonmaschine baut man Naßauflöseanlagen ein. Hierzu verwendet man entweder den Turbolöser mit einer Lösescheibe oder einen „Duo-Pulper", der mit zwei Lösescheiben ausgestattet ist. Diese Auflöseeinrichtungen werden so aufgestellt, daß sie den Ausschuß von der Kühlgruppe bis zum Poperoller erfassen. In diese Lösevorrichtung leitet man gleichzeitig den Ausschuß ein, der am Querschneider anfällt, sowie die Randstreifen, die am Querschneider und am Umroller anfallen. Eine Beschreibung des Turbolösers erübrigt sich an dieser Stelle. Es soll aber auf die Anordnung und Betriebsweise eines Duo-Pulpers eingegangen werden. Der Duo-Pulper besteht aus zwei Lösegarnituren eines üblichen Turbolösers, die in einem Trog vereinigt sind. Dieser Duo-Pulper wird vom VEB Papiermaschinenwerke Freiberg/Sa. gebaut. Die Schaltung dieses Auflöseaggregates erfolgt so, daß bei normalem Lauf der Kartonmaschine, d. h. also, wenn praktisch nur die Abschnitte des Querschneiders und der Rollenschneidmaschine zugeführt werden, nur eine Lösescheibe betrieben wird. Der gelöste Stoff wird durch einen Überlauf ständig einer Stoffpumpe zugeführt, die ihn in die entsprechende Vorratsbütte pumpt. Zwischen Stoffpumpe und Vorratsbütte schaltet man zweckmäßig einen Entstipper ein, da der Duo-Pulper nicht stippenfrei auflöst. Wird jedoch der gelöste Maschinenausschuß in eine Bütte für unentstippten Stoff geleitet, so entfällt der Entstipper. Um eine gleichmäßige Stoffdichte zu erhalten, erfolgt vor der Pumpe eine Dichteregelung, wobei die Wasserzugabe zum Turbolöser über den Dichteregler gesteuert wird. Dabei ist sowohl bei geringem als auch bei hohem Anfall gewährleistet, daß der Stoff nicht mit zu großer Verdünnung in die entsprechende Vorratsbütte gelangt.
Um ein schnelles Anlaufen der zweiten Lösescheibe bei höherem Ausschußanfall zu gewährleisten, steuert man diese mittels einer Lichtschranke. Durch die Unterbrechung der Lichtschranke durch die einlaufende Kartonbahn wird die zweite Lösescheibe eingeschaltet und gleichzeitig die Wasserzugabe über entsprechende Zuleitungen erhöht. Bei Beendigung des erhöhten Zulaufes erfolgt die Stillegung der zweiten Lösescheibe und das Abstellen des Zusatzwassers über ein eingebautes Zeitrelais.

9.7. Abwasserhaushalt

Das Wasser spielt in der Karton- und Pappenindustrie eine ebenso wichtige Rolle wie in der Papierindustrie. Mit seiner Hilfe gelangen die Faserstoffe auf wirtschaftliche Art über die einzelnen Aufbereitungsstufen zur Maschine. Es trägt außerdem dazu bei, daß eine gute Mischung der verschiedenen Faserstoffe, Füllstoffe usw. sowie die Bildung eines gleichmäßigen Blattes auf den Sieben der Kartonmaschine erfolgt. Zur Herstellung von Karton und Pappe werden große Mengen Verdünnungswasser benötigt, von dem ein Teil auf mechanischem Wege aus dem gebildeten Blatt entfernt wird, während der restliche Teil durch Verdampfung entzogen wird und als Restfeuchtigkeit im Erzeugnis verbleibt. Das bedeutet, daß stets der Teil des für die Fabrikation benötigten Wassers durch Frischwasser ersetzt werden muß, der durch Verdampfung und Verbleib im Fertigerzeugnis verlorengeht; das sind im Durchschnitt 60 % des Verdünnungswasserbedarfes [101]. Obwohl die zur Karton- und

Pappenherstellung verwendeten Rohstoffe bereits gewisse Wassermengen mitführen und auch einen höheren Wasseranteil haben als das Fertigprodukt, bedarf es doch noch der Zuführung erheblicher Wassermengen für den Produktionsbedarf. Betrachtet man z. B. das zur Herstellung des Holzschliffs verwendete Faserholz, welches einen Feuchtigkeitsgehalt von 30···40 % hat, und den Zellstoff, der je nach Anlieferungszustand einen Feuchtigkeitsgehalt von 10···55 % aufweisen kann, so ist bereits daraus zu ersehen, daß erhebliche Wassermengen auf diesem Wege zugeführt werden. Betrachtet man weiterhin, wofür die großen Wassermengen benötigt werden, so stellt man fest, daß zwei Hauptkomponenten den Wasserbedarf bei der Karton- und Pappenerzeugung beeinflussen. Das sind auf der einen Seite die Verdünnungswassermengen, andererseits diejenigen, die zur Reinigung der Siebe, Walzen, Filze, an den Knotenfängern und zur Schaumbeseitigung benötigt werden.
Bei der Betrachtung dieser beiden Komponenten kommt man aber auch zu der Feststellung, daß die letztgenannten Mengen einen bedeutend höheren Anteil als die zu Verdünnungszwecken benötigten darstellen.
Die Zuführung des Wassers bzw. seine Aufbereitung ist mit nicht unerheblichen Kosten verbunden. Es ist deshalb notwendig, den Frischwasserbedarf auf ein Mindestmaß zu beschränken und das Abwasser der Kartonmaschine weitestgehend wieder zu verwenden. Das aus dem Erzeugnis mechanisch entfernte Wasser führt noch wertvolle Rohstoffe mit sich. Es kommt deshalb darauf an, einen Verlust dieses wertvollen Abwassers mit allen Mitteln zu unterbinden oder so gering wie nur möglich zu halten. Um das zu erreichen, kann man drei Wege gehen, und zwar:

1. größtmögliche Wiederverwendung der Abwässer unmittelbar in der Fabrikation ohne Verwendung der Rückgewinnungsanlage;
2. Reinigung der darüber hinaus anfallenden Abwässer von den darin enthaltenen Faser-, Füll- und Leimstoffen und unmittelbare Wiederverwendung durch die Beimischung der wiedergewonnenen Stoffe oder zum Verkauf an einen anderen Betrieb;
3. Verwendung des geklärten Filterwassers als Stoffeintrags-, Verdünnungs- und Spritzrohrwasser, um dadurch den Verlust an Roh- und Hilfsstoffen so gering wie möglich zu halten.

Das an den Siebpartien anfallende Abwasser ist sofort in entsprechenden Behältern unterhalb derselben zu sammeln und von dort unmittelbar für die Verdünnung vor der Siebpartie zu verwenden. Dabei muß man selbstverständlich so verfahren, daß z. B. bei einer Mehrrundsiebmaschine, auf der die einzelnen Lagen aus verschiedenen Rohstoffen zusammengesetzt sind, die Abwässer der einzelnen Lagen jeweils in einem gesonderten Behälter gesammelt und von dort wieder der Verdünnung der entsprechenden Kartonschicht zugeführt werden. Dieses unmittelbar an der Maschine im Kreislauf gehaltene Abwasser wird als Abwasser I bezeichnet. Die übrigen Abwässer, d. h. diejenigen, die für die Verdünnung nicht benötigt werden, bezeichnet man als Abwasser II und führt sie von der Kartonmaschine direkt der Entstoffung zu. Diesen Wassermengen ist, wie bereits betont wurde, die allergrößte Aufmerksamkeit zuzuwenden, weil die Rückgewinnung der in ihnen enthaltenen Stoffe ein wesentlicher Faktor für die Wirtschaftlichkeit des Betriebes ist.
Bekanntlich sind in den letzten Jahrzehnten die verschiedensten Reinigungsanlagen entwickelt worden und in den Betrieben in Anwendung. Man muß dabei feststellen, daß der Papier-, Karton- und Pappenmacher stets bestrebt war, den höchsten Effekt

mit diesen Anlagen zu erzielen. Das gleiche Bestreben besteht mehr denn je auch heute noch, um volkswirtschaftliche Verluste zu vermeiden.
Die Anwendung eines bestimmten Verfahrens richtet sich in vollem Umfange nach den jeweiligen örtlichen Verhältnissen, wobei besonders ausschlaggebend ist, ob Sorten mit oder ohne Beschwerung oder sogar beschwerte und unbeschwerte Sorten gearbeitet werden. Von einer gut arbeitenden Rückgewinnungsanlage verlangt man einen Wirkungsgrad von 97···98 %. Das bedeutet, daß der Gehalt des abfließenden Abwassers an Faser- und Füllstoffen auf ein Minimum reduziert werden muß. Nach *Hoyer, F.*, [102] wird eine Anlage als zweckmäßig und wirtschaftlich angesehen, wenn der Restgehalt an Faser- und Füllstoffen nicht mehr als 5 bis maximal 15 mg/l beträgt. Bei der Planung einer Rückgewinnungsanlage muß man deshalb von genauen Überlegungen ausgehen, um zu dem zweckmäßigsten System und der richtigen Größenordnung zu kommen.
Grundsätzlich kann man von drei Arten von Faserrückgewinnungsverfahren sprechen, und zwar:

1. dem Sedimentationsverfahren,
2. dem Filtrationsverfahren,
3. dem Flotationsverfahren.

Neuerdings gibt es auch Kombinationen von Flotation und Sedimentation (z. B. „Sediflotor"). Hierüber soll später berichtet werden.

9.7.1. Faserrückgewinnungsverfahren

9.7.1.1. Sedimentationsverfahren

Das Sedimentationsverfahren, das auf der Trennung von Stoff und Wasser auf Grund der unterschiedlichen Dichte beruht, wendet man am zweckmäßigsten dort an, wo eine stetige Produktion zu verzeichnen ist. Dabei kann es sich um beschwerte und unbeschwerte Sorten handeln. Da die Sedimentation ein Vorgang ist, der sehr langsam vor sich geht, ist auch der Bedarf an Klärraum verhältnismäßig groß. Umfangreiche Wassermengen müssen gespeichert werden, um eine ausreichende Verweilzeit zu erhalten. Selbstverständlich ist es möglich, die Sedimentation durch Zugabe von Flockungsmitteln, wie z. B. Alaun, Sveen-Leim usw., zu beschleunigen, soweit dies das Fertigungsprogramm der Kartonmaschine zuläßt.
Um eine wirtschaftliche Rückgewinnung nach diesem Verfahren zu erlangen, ist folgendes zu beachten:

1. Der Klärraum muß so bemessen sein, daß er das 120- bis 180fache und bei schwer sedimentierenden Stoffen das 150- bis 200fache der in der Minute zufließenden Wassermenge faßt.
2. Vor dem Einlauf in den Klärraum ist das Wasser von Schaum zu befreien und gut zu entlüften und gleichzeitig für eine wirbelfreie Zuführung zu sorgen.
3. Bei Verwendung von Trichtern muß das Klärwasser auf dem gesamten Trichterumfang gleichmäßig abgeführt werden. Damit verbunden muß auch für eine gleichmäßige und kontinuierliche Abführung der Dickwassermengen an der Trichterspitze bzw. am Kratzerboden gesorgt werden.
4. Der richtige pH-Wert von 4,2···5,0 ist einzuhalten.

9.7.1.2. Flotationsverfahren

Das Flotationsverfahren arbeitet unter Verwendung eines Flockungsmittels (z. B. Tierleim oder Türkisch-Rotöl). Durch Zugabe von Luft wird den durch das Flokkungsmittel vergrößerten Teilchen der Auftrieb verliehen. Es eignet sich sowohl für stetige als auch für wechselnde Produktion. Entgegen den früheren Erfahrungen mit den alten Flockungsmitteln eignen sich in neuerer Zeit entwickelte Hilfsmittel auch dazu, Füllstoffe mit zur Flotation zu bringen. Damit braucht auf die Höhe des Füllstoffanteiles keine Rücksicht genommen zu werden. Allerdings sind die erforderlichen Chemikalien relativ teuer. Deshalb ist es zweckmäßig, dieses Verfahren dort einzusetzen, wo es darauf ankommt, einen schnellen Übergang bei wechselnder Produktion zu erreichen, da die Flotation sehr schnell erfolgt. Dadurch ist das benötigte Klärvolumen und somit auch der Platzbedarf bedeutend geringer als bei dem Sedimentationsverfahren; ein Vorteil, der bei der Wahl des Verfahrens ausschlaggebend sein dürfte.

9.7.1.3. Filtrationsverfahren

Das Filtrationsverfahren beruht auf der Trennung von Wasser und Stoff durch Zurückhalten auf einem Filtergewebe. Es eignet sich sowohl für stetige als auch für wechselnde Produktion und wird besonders dort verwendet, wo der anfallende Stoff nicht kontinuierlich, sondern periodisch der Produktion wieder zugeführt wird. Allerdings ist es bei hohem Füllstoffanteil wenig geeignet. Gegenüber den anderen Verfahren weist es den schlechtesten Wirkungsgrad auf, der nicht über 50 % liegt. Während man bei älteren Konstruktionen nur die einfache Filtration kennt, verwendet man bei neueren Konstruktionen eine „Filterhilfe"; das sind langfaserige Stoffe (z. B. Sulfitzellstoff).

9.7.2. Neuere Entwicklungen bei Faserrückgewinnungsanlagen

9.7.2.1. Sedimentationsanlagen

Bild 200 zeigt den Clarflow-Paper-Save-All. Der grundsätzliche Aufbau unterteilt sich in die Misch- und Reaktionszone (*a*), die Flockungszone (*b*), die Abscheidezone (*c*), den Filterüberlauf (*d*), die Filterstoffsammelgrube (e) und den Antrieb (*f*). Das eintretende Wasser wird zunächst entlüftet und gelangt dann unter Zugabe der Chemikalien in die Misch- und Reaktionszone. Gleichzeitig erfolgt eine Impfung mit zurückgeführtem Filterstoff. In der Flockungszone erfolgt die eigentliche Flockung, während in der Ausscheidungszone Wasser und Stoff voneinander getrennt werden. Die Stoffe sinken ab und werden durch den auf dem Boden des Filters befindlichen Kratzer der Filtergrube zugeführt, während das gereinigte Wasser über die mit (*d*) bezeichnete Rinne den Filter verläßt. Der Filterstoff wird mittels einer Pumpe aus der Grube abgezogen und der Produktion zugeführt. Ein von der Druckleitung der Pumpe abgezweigtes Rohr führt einen Teil des Stoffes für die Impfung wieder dem Filter zu. Der Filter ist mit einer pH-Steueranlage versehen. Die Größe der Anlage richtet sich nach der anfallenden Wassermenge. Nach Literaturangaben wird für einen Abwasseranfall von 5···6 m^3/min nur eine Anlage mit einem Inhalt von 47 m^3 benötigt. Der Chemikalienverbrauch wird mit 200···300 kg Aluminiumsulfat/d angegeben.

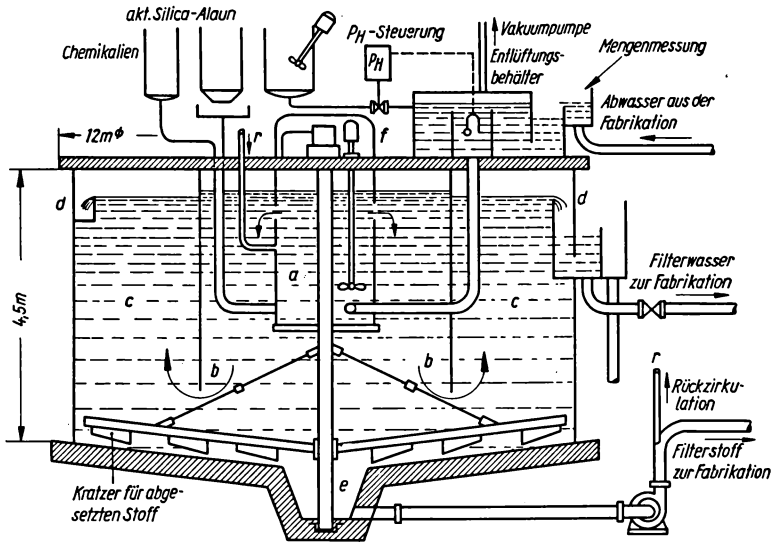


Bild 200. Stoff-Fanganlage System Clarflow-Paper-Save-All

9.7.2.2. Filtrationsanlagen

Hierbei seien besonders zwei Filterkonstruktionen erwähnt, die eine starke Verbreitung gefunden haben: der Oliver-Drum-Filter und der Oliver-American-Scheibenfilter. Diese Filter zeichnen sich besonders dadurch aus, daß sie bei großer Leistung nur wenig Platz benötigen und außerdem entgegen den bisherigen Filterkonstruktionen einen Wirkungsgrad bis zu 95 % haben sollen. Beide Filtertypen arbeiten mit Vakuum, dessen Steuerung auf zwei verschiedene Arten erfolgen kann: nach dem Oliver-Young-Prinzip oder nach dem Ring-Valve-System. Bild 201 zeigt das Wirkungsschema der Oliver-Young-Steuerung des Vakuums. Im Inneren des Zylinders befinden sich Ventile, die mit Gegengewichten ausgerüstet sind. Solange der Filtervorgang andauert, sind die Ventile durch die Gegengewichte offen (*a*), so daß ein freier Abfluß des gefilterten Wassers in die Hohlwelle erfolgen kann. Mit dem Austauchen aus der Stoffsuspension beginnen sich die Ventile zu schließen (*b*) und sind

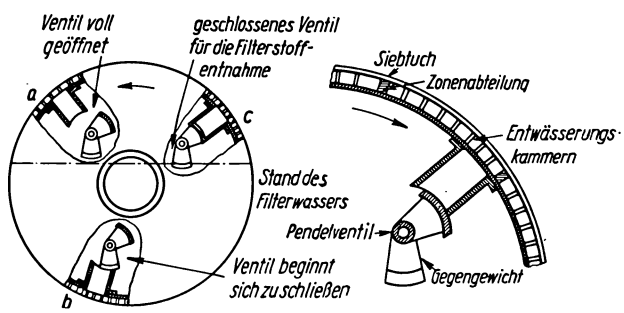


Bild 201. Wirkungsschema der Oliver-Young-Steuerung des Vakuums

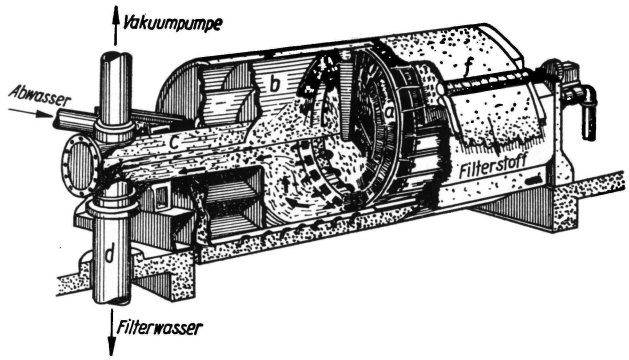


Bild 202. Wirkungsschema des Ring-Valve-Systems

bei Erreichen der Aufnahmezone geschlossen (*c*). Damit ist das Vakuum abgeschaltet, und die Abnahme des Filterstoffes kann stattfinden.
Bild 202 zeigt das Wirkungsschema des Ring-Valve-Systems. In den Zylinder ist ein Ringventil (*a*) eingebaut, das mit den einzelnen Zonen durch große Öffnungen verbunden ist. Das gefilterte Wasser strömt in das Zylinderinnere, gelangt durch die Öffnungen des Ringventils in den Sammelring (*b*) und wird von dort über das Entwässerungsrohr (*c*) dem Abwasserfallrohr (*d*) zugeführt. Während das Abfallrohr nach unten führt, ist an das nach oben führende Rohr die Vakuumpumpe angeschlossen. In der Abnahmezone (*f*) wird das Vakuum durch das Ringventil abgeschaltet. Das Entwässerungsrohr hat einen Durchmesser von 70 mm. Infolge der großen Öffnungen ist das Ringventilsystem für den Durchsatz großer Wassermengen geeignet. Die Maximalleistung beträgt 35 m^3/min Wasserdurchsatz.

Filter, die mit Filterhilfe arbeiten

Bild 203 zeigt den Waco-Filter. Es handelt sich um eine Konstruktion, die im Gegensatz zu den üblichen rotierenden Filtern mit einem endlosen Sieb arbeitet, das umläuft. Das umlaufende Sieb (*a*) durchläuft zunächst einen Behälter (*b*), der wie ein normaler Eindicker arbeitet, und nimmt dort eine Filterhilfsschicht von 15···30 g/m^2 auf. Mit dieser Hilfsschicht läuft das Sieb über den Zylinder (*c*), der einen Durchmesser von 2 m hat, durch den Stofftrog (*d*), in dem der Filtervorgang erfolgt. Der Filtervorgang selbst beruht auf der Ausnutzung der Niveaudifferenz Δh. Beim Austauchen aus dem Stofftrog berührt das Sieb eine Abgautschwalze (*e*), mit der der Stoff vom Sieb abgenommen wird und über eine Sammelrinne abläuft. Das Filterwasser wird bei (*f*) abgeführt. Als Filterhilfe können alle langfaserigen Papierrohstoffe verwendet werden. Vorteil der Filterhilfe: Erzielung eines hohen Wirkungsgrades bei der Rückgewinnung.

Dazu noch einige Kenndaten des Filters:

Arbeitsbreiten: 1,0, 1,5, 2,0, 3,0, 4,0 m,
Siebgeschwindigkeit: 9···15 m/min,
Leistung je Meter Arbeitsbreite: Holzschleifereien 0,5···1,0 m^3/min, Zellstoffabriken 2,0···5,0 m^3/min, Papier- und Pappenfabriken 0,5····1,5 m^3/min,
Wirkungsgrad: 93.··98 % (je nach Art des Abwassers),
Stoffdichte des Filterstoffes: bis 8% (je nach Stoffsorte).

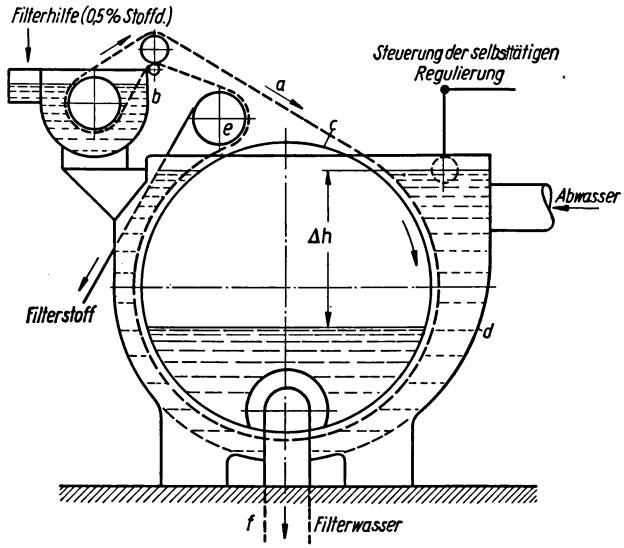


Bild 203. Waco-Filter

9.7.2.3. Flotationsanlagen

Bei diesem Verfahren findet man zwei Konstruktionsarten: die offene und die geschlossene. Ein typischer Vertreter der offenen Konstruktion ist der „Sveen-Pedersen-Stoffänger" (Bild 204). Das Abwasser wird dem eigentlichen Stoffänger mittels einer Spezialpumpe zugeführt.
In die Saugleitung dieser Pumpe (*b*) ist ein Ejektor (a) eingebaut, über den Luft zur Belüftung des Abwassers eingesaugt wird. Gleichzeitig erfolgt über eine Dosiervor-

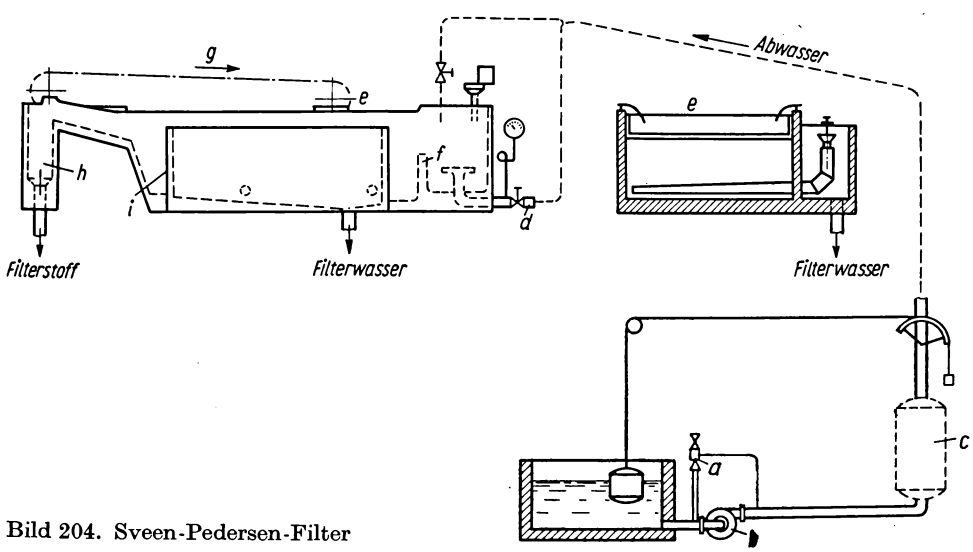


Bild 204. Sveen-Pedersen-Filter

richtung die Zugabe eines Flotationsmittels. Beide, Luft und Flotationsmittel, sind die Voraussetzungen für einen guten Kläreffekt der Anlage. Zwischen Pumpe und Trog des Stoffängers (*e*) wird ein Druckkessel (*c*) geschaltet, in dem die volle Aufnahme der Luft durch das Wasser erfolgt. Beim Eintritt in den offenen Trog über Spezialventile (*f*), die die feinste Verteilung der Luft bezwecken, tritt eventuell vorhandener Luftüberschuß sofort aus. Die feinen Luftbläschen setzen sich an Faser- und Füllstoffteilchen an und begünstigen somit den Auftrieb an die Oberfläche. Durch eine mit Schabern besetzte Kette (*g*), die sich im ständigen Umlauf befindet, wird der aufgetriebene Stoff über den Überlaufbehälter (*i*) zur Rinne (*h*) gefördert, von wo er mit etwa 0,8 ··· 1,5 % Stoffdichte der Wiederverwendung zugeführt wird. Durch die in das Becken eingelassenen Rohre wird das geklärte Wasser abgezogen und gelangt in eine Überlaufrinne. Die Auslaufmenge der einzelnen Rohre (*d*) ist regulierbar, damit ein gleichmäßiger Wasserabzug über die gesamte Filterfläche erzielt wird. Das so geklärte Wasser kann sowohl zur Stoffverdünnung als auch als Spritzrohrwasser verwendet werden. Als Flotationsmittel verwendet man meist Sveen-Leim in 1 %iger Lösung, darüber hinaus spezielle Chemikalien, die z. B. bei einem hohen Füllstoffanteil im Abwasser erforderlich sind. Nach *Klemm* [103] rechnet man bei Abwasserdichten von 1,2 ··· 1,4 g/l mit 1 %iger Leimlösung je 1000 m³ Abwasser. Sehr gute Ergebnisse wurden auch durch Zugabe von 12 mg/l Aluminium als Al_2O_3 und 2 mg/l Leim erzielt. Dabei wird als der günstigste Punkt für die Zugabe von Al_2O_3 der Behälter vor der Abwasserpumpe genannt.

9.7.2.4. Kombinierte Anlagen

In den letzten Jahren sind auch Verfahren entwickelt worden, die aus dem teilweisen Versagen der Sedimentation und der Flotation die Rückschlüsse ziehen und eine Kombination beider Verfahren darstellen. Bild 205 zeigt einen „Sediflotor", der nach diesem kombinierten Verfahren arbeitet. Die Arbeitsweise ist folgende: Mittels des Ejektors (*a*) wird dem Abwasser vor der Abwasserpumpe Luft zugeführt, die in der Pumpe intensiv mit dem Abwasser vermischt und unter Druck über den Reaktionsbehälter in den Stoffänger eingedrückt wird. Die Chemikalienzugabe erfolgt im Reaktionsbehälter. Die sich an der Filteroberfläche sammelnden Faserstoffe werden mit Hilfe einer Schöpfvorrichtung abgeschöpft und einer Rinne zugeführt. Sand und

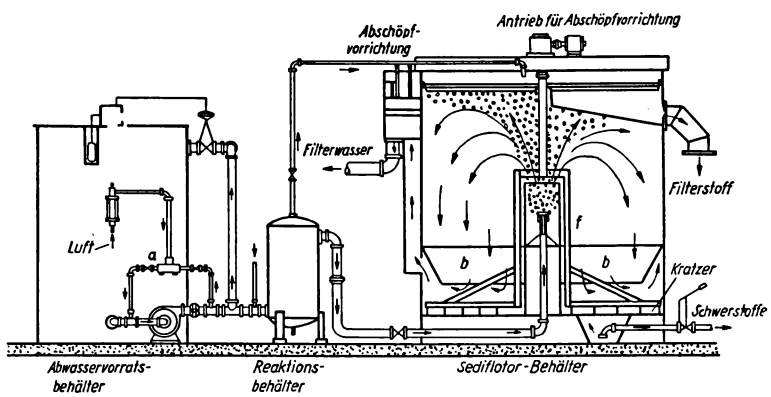


Bild 205
Sediflotor

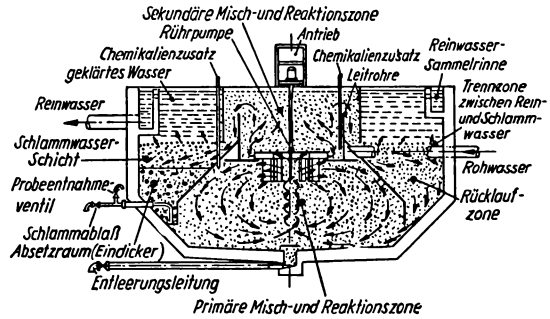


Bild 206. Accelator-Stoffänger

alle Teile, die absinken, werden am Boden des Filters mittels eines umlaufenden Kratzers dem Pumpensumpf zugeführt und dort abgezogen. Das anfallende Reinwasser wird bei der düsenartigen Auslaufvorrichtung (*b*) laufend abgenommen.
Ein Verfahren, das sich unter Anwendung von Flockungsmitteln der Sedimentation bedient, ist das „Accelator-Verfahren". Bild 206 zeigt das Schema der Anlage. Das Abwasser tritt in die Misch- und Reaktionszone ein, in der ein Rührer mit verstellbarer Drehzahl läuft. Mit der Verstellung der Tourenzahl wird die optimale Relativbewegung zwischen Flocken und Wasser erzielt. In der Reaktionszone erfolgt die Zugabe der Chemikalien und die Flockung der Feststoffe. Der obere Teil des Rührers ist als Pumpe ausgebildet und bewirkt einen zwangsweisen Kreislauf der Stoffsuspension. Die Reaktionszone unterteilt sich in die untere (primäre) und die obere (sekundäre) Reaktionszone. Der Kreislauf erfolgt von der primären in die sekundäre Reaktionszone und von dort über die Rücklaufzone in die Primärzone. Auf diese Weise wird eine maximale Flockung und damit ein hoher Wirkungsgrad bei geringem Chemikalienverbrauch erreicht. Die ausgeflockten Feststoffe sinken nach unten ab und werden über eine Leitung abgezogen, während das Reinwasser nach oben steigt und dann entnommen wird. Es wird stets nur so viel Dickstoff entnommen, wie der Anlage mit dem Abwasser zugeführt wird, damit eine genügende Menge an Feststoffen und Flocken im Kreislauf verbleibt, um den optimalen Effekt zu erzielen. Vorteile der Anlage sind geringer Platzbedarf, gute Reinigungswirkung (besonders bezogen auf Faserteilchen, Kolloide, Farben und Schleimstoffe), schnelle Anpassungsfähigkeit bei Sortenwechsel, gut geklärtes Wasser, das ohne Schwierigkeiten in der Produktion wiederverwendet werden kann.

9.7.3. Schließung des Wasserkreislaufes

Die gesamte Wasserführung im Betrieb und die sparsamste Verwendung von Frischwasser sind ausschlaggebend für die Wirtschaftlichkeit einer Anlage. Je größer die Abwassermenge ist, desto größer ist auch der Faserverlust, bezogen auf die Einheit des Erzeugnisses. Während sich der Anteil der Faser-, Füll- und Farbstoffe im Abwasser durch die Anwendung der hierzu geeigneten Verfahren, zweckmäßige Auslegung der Anlagen und durch ständige Überwachung derselben und außerdem durch eine möglichst hohe Wiederverwendung der anfallenden Stoffe auf ein geringes Maß einschränken läßt, spielt die erforderliche Frischwassermenge noch eine große Rolle.

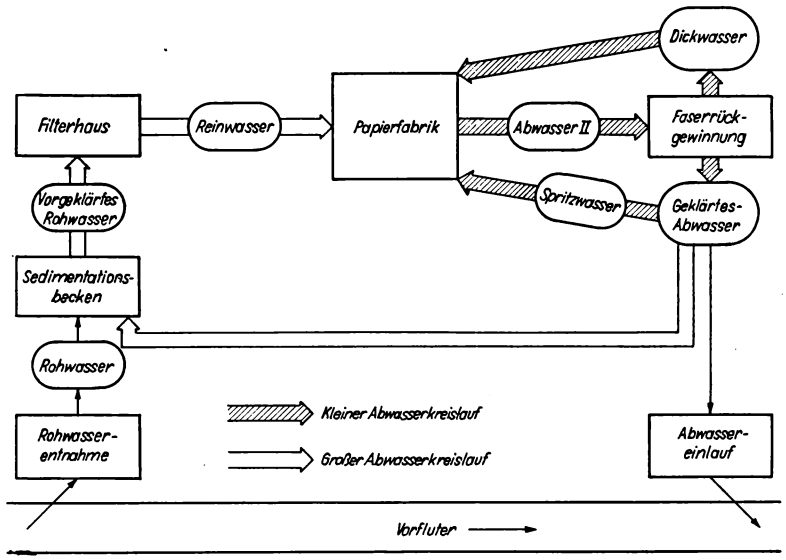


Bild 207. Schema der weitgehenden Schließung von Wasserkreisläufen

Eine Einschränkung des Bedarfes an Frischwasser ist überall dort möglich, wo mit dem anfallenden Klarwasser aus den Rückgewinnungsanlagen wirtschaftlich gearbeitet wird. Diese Wassermengen, die den Vorteil haben, daß sie bereits aufbereitet und deshalb für die Karton- und Pappenerzeugung hervorragend geeignet sind, sollen möglichst vollständig als Verdünnungs- und Spritzwasser im Kreislauf verbleiben. Bild 207 zeigt das Schema eines weitgehend geschlossenen Wasserkreislaufes [104]. Man unterscheidet danach einen kleinen und einen großen Abwasserkreislauf.
Im ersten verwendet man das geklärte Abwasser anstelle von Frischwasser als Spritzrohrwasser, wobei zur Vermeidung von Verstopfungen der Spritzrohre eine Erhöhung des Spritzrohrdruckes vorgenommen wird, was sich außerdem noch auf den Reinigungseffekt positiv auswirkt. Eine Verwendung zur Filzreinigung soll nicht erfolgen, da die noch vorhandenen Faser- und Füllstoffreste das Zusetzen der Filze begünstigen. Aus diesem Grunde kann auch, wie aus dem Schema ersichtlich ist, keine vollkommene Schließung des Kreislaufes eintreten, so daß ein Teil des Abwassers abgeführt werden muß.
Wie weiter zu ersehen ist, wird das anfallende Dickwasser für Verdünnungszwecke verwendet. Eine weitere Verwendung von geklärtem Rückwasser im großen Kreislauf ist möglich, indem es dem Rohwasser in den Klärbecken zugesetzt wird. Das hat den Vorteil, daß durch diese Schaltung des Abwassers bei der Aufbereitung des Frischwassers eine Chemikalieneinsparung eintritt. Wenn man berücksichtigt, daß das Klarwasser Aluminiumsulfat enthält und damit einen pH-Wert aufweist, der sich aus der Produktion ergibt und der etwa 4,5 bis 5,5 beträgt, so zeigt das eindeutig die Möglichkeiten der Einsparung. Erst die nun nicht mehr benötigte geringe Überschußmenge wird dem Vorfluter zugeführt. Allerdings ist dabei darauf zu achten, daß eine solche Schließung des Wasserkreislaufes auch Schwierigkeiten mit sich bringt,

die nicht unbeachtet bleiben dürfen, die aber überwindbar sind. Voraussetzung ist dabei stets, daß die gesamte Wasserführung unter ständiger Kontrolle steht.
In diesem Zusammenhang sei auf die tiefgründigen Arbeiten von *Brecht* und *Zippel* [105] verwiesen, die an Hand eingehender Untersuchungen an einer umfangreichen Zahl von Karton- und Wickelpappenerzeugungsanlagen nachgewiesen haben, daß es bei entsprechenden Schaltungen und dem Einsatz geeigneter Faserrückgewinnungsanlagen möglich ist, den Wasserkreislauf weitgehend zu schließen und damit nicht nur Kostensenkungen zu erreichen, sondern auch zur Reinhaltung der Flüsse beizutragen.

9.7.4. Schleimbekämpfung

Die durch die Schließung des Wasserkreislaufes auftretenden Schleimschwierigkeiten äußern sich im Auftreten von Batzen und Schleimzusammenballungen, die zu Produktionsschwierigkeiten durch eintretende Abrisse und zu Qualitätsminderungen führen können. Deshalb ist es erforderlich, daß bei der Kontrolle und Überwachung des Kreislaufwassers auch auf die Schleimbildung, und das ganz besonders im Sommer, geachtet wird. Durch die Schließung des Wasserkreislaufes tritt besonders eine Anreicherung von Feinstoffen (Fasertrümmern) ein, welche die Schleimbildung vorteilhaft begünstigen. Zu diesen Schleimbildnern gehören vor allem im Wasser lebende Grünalgen, Spaltalgen und Spaltpilze in Verbindung mit den angereicherten Feinstoffen. Nach *Giese* [104] gehören zu den Grünalgen (*Chlorophyceae*) vor allem Pantoffeltierchen (*Pandorina*), Kolonien von *Volvox globatur*, *Spirogyra* und *Closterium*. Von den Spaltalgen nennt er besonders *Nostoceen* und von den Spaltpilzen die zu der Familie der *Leptotricaceen* gehörenden Gattungen *Leptothrix ochracea* und *Crenothrix polyspora*. Um eine Gefährdung von Produktion und Qualität auszuschalten, ist es deshalb erforderlich, Maßnahmen zur Bekämpfung von Schleimschwierigkeiten einzuleiten. Das heißt praktisch, daß eine Entkeimung des Wassers erforderlich ist. Hierzu kann man sowohl Chlor als auch Wasserstoffperoxid oder Kupfersulfat verwenden. Auch die Anwendung stärkerer Giftstoffe findet man heute zur Schleimbekämpfung. Dabei handelt es sich besonders um Quecksilberverbindungen und Chlorphenolverbindungen. Bei der Auswahl vor allem der Giftstoffe ist von der Art der Schleimbildner und auch vom Fertigprodukt auszugehen. Das heißt, daß die durch die Entkeimung eintretende toxische Wirkung im Wasser wirken, sich aber nicht auf das Fertigprodukt übertragen soll. Es könnte damit eine Gefahrenquelle in das Produkt getragen werden, die vermeidbar ist, da durch starke Erwärmung der Bahn auf der Trockenpartie keine zusätzlichen Mittel mehr nötig sind, um Bakterien abzutöten.
Wie *Klemm* [106] feststellt, gibt es keine allgemein gültige Methode zur Schleimbekämpfung. Es ist vielmehr notwendig, ständig zu kontrollieren und speziell günstige Verfahren für die eigenen Anlagen zu entwickeln. Dabei ist allerdings zu beachten, daß die ständige Anwendung eines Mittels oft zu einer Immunisierung führt und man deshalb wechselweise arbeiten und dabei auch die Art der Zugabe ändern muß. Er schlägt hierfür eine Kontrollmethode vor, nach der beurteilt werden kann, welche Giftstoffe angewendet werden müssen.
Das Verfahren besteht darin, daß eine Schleimprobe entnommen wird, die man einige Tage bei entsprechenden Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen gedeihen läßt. Aus diesen Kulturen werden wäßrige Präparate angefertigt, in denen unter dem Mikroskop eine große Menge Mikroorganismen zu erkennen sind. An diesen läßt sich

die Wirkung von Giftstoffen gut erkennen, indem man verschiedene Giftstoffkonzentrationen zugibt. Das Ergebnis derartiger Prüfungen weist er in einer Tabelle nach.

Tabelle 42. Konzentration und Wirkung von Giftstoffen

Konzentration des Giftes in %	Wirkung von Pulpasan	Wirkung von $CuSO_4$
über 1,0	alle Mikroorganismen sofort tot	alle Mikroorganismen sofort tot
1,0···0,1	alle Mikroorganismen sofort tot	tödlich nach 5···10 min
0,1···0,01	tödliche Wirkung nach 5···10 min	keine Wirkung mehr
unter 0,001	keine Wirkung mehr auf Bakterien	
unter 0,0001	keine Wirkung mehr	

Eine andere Methode erwähnt *Giese* [104]. Er schreibt, daß seit einigen Jahren eine Schleimbekämpfungsmethode angewendet wird, die auch gleichzeitig den papiertechnologischen Forderungen nachkommt. Danach arbeitet man im gesamten Stoffwasserkreislauf mit erhöhten Temperaturen von 40···42 °C und überschreitet damit den Temperaturbereich des optimalen Wachstums der in Frage kommenden Schleimerzeuger. Das begünstigt gleichzeitig die Herabsetzung der Viskosität des Wassers und fördert damit die Entwässerung auf dem Sieb.

9.8. Steuerung im Bereich der Kartonmaschine

9.8.1. Steuerung der Naßpartie

Es wurde bereits erwähnt, daß die Arbeitsweise der Naßpartie ausschlaggebend für die Bildung eines einwandfreien Blattes ist, das den geforderten Eigenschaften in bezug auf die physikalischen Eigenschaften und alle anderen Werte entspricht. Auf diese Blattbildungsarbeit wirken sich besonders die Stoffauflaufkonsistenz, die Stauhöhen in den Stoffaufläufen der Langsiebe und der Rundsiebe, die Arbeitsgeschwindigkeit der Maschine, die Wasserführung auf dem Sieb und andere Komponenten aus.
Im Bild 208 werden die Meß-, Steuer- und Regelstellen einer kombinierten Langsieb-Rundsieb-Kartonmaschine am Beispiel des Langsiebes und an einem Rundsieb erläutert. Zur Einhaltung eines gleichmäßigen Büttenniveaus ist an der Maschinenbütte ein Niveaustandsanzeiger eingebaut. Die Büttenkonsistenz wird durch einen Stoffdichteregler feingeregelt. Mit Hilfe einer Stoffmengen-Dosiervorrichtung, die nach dem Prinzip der Niveauregelung arbeitet, wird die erforderliche Stoffmenge für das jeweilige Sieb und entsprechend der Masse je Flächeneinheit zugeteilt. Der an den Selektifiern anfallende Spuckstoff wird automatisch abgeführt. Die Regelung der Stoffmengenzufuhr zum Sieb erfolgt durch Drehzahländerung oder Flügelverstellung bei den Mischpumpen. Um einen gleichmäßigen Stoffstau im Stoffauflauf des Langsiebes zu halten, erfolgt eine Regelung der Stauhöhe mit einem Stauhöhenregler. Da-

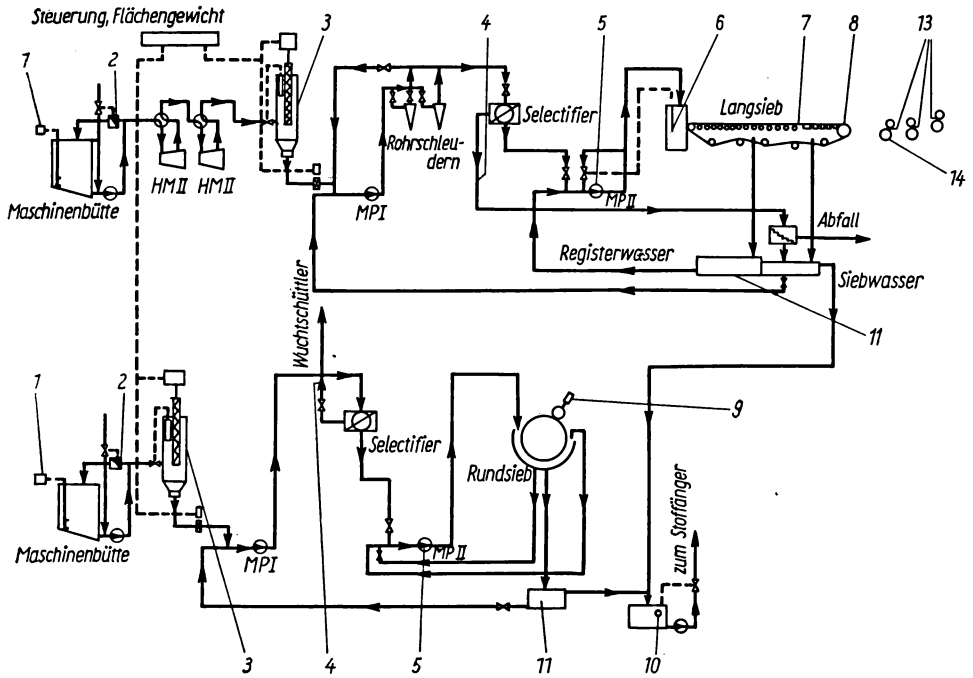


Bild 208. Meß-, Steuer- und Regelstellen im Bereich der Naßpartie einer Kartonmaschine

(*1*) Niveauanzeiger, (*2*) Konsistenzregler, (*3*) Stoffmengen-Dosiereinrichtungen, (*4*) automatischer Spuckstoffaustrag, (*5*) Pumpendrehzahlsteuerung der Auflaufkonsistenz, (*6*) Regelung der Stauhöhe, (*7*) Plansauger-Unterdruckregelung, (*8*) Saugwalzen-Unterdruckmessung und Fernanzeige, (*9*) Gautschwalzen-Anpreßdrucksteuerung, (*10*) Niveausteuerung, (*11*) pH-Messung, (*12*) Sieblaufregelung, (*13*) Liniendrucksteuerung, (*14*) Saugwalzen-Unterdruckmessung und Fernanzeige

mit wird gleichzeitig die Voraussetzung für eine gleichmäßige Auslaufgeschwindigkeit an der Lippe des Stoffauflaufes geschaffen. Mittels einer Unterdruckregelung erfolgt eine genaue Einstellung des Vakuums an den Plansaugern. Bei der Saugwalze wird die Anzeige des Vakuums über Fernanzeige auf das Steuerpult übermittelt. Der Anpreßdruck der Abgautschwalzen wird ebenfalls gemessen und geregelt. Bei den Naßpreßwalzen erfolgt eine Regelung des Liniendruckes. Die Höhe des Wasserspiegels im Abwasserbehälter wird durch eine Niveausteuerung gleichmäßig hoch gehalten. Ein sehr wesentliches Moment bei der Blattbildung auf dem Sieb ist die Einhaltung eines gleichmäßigen pH-Wertes. Während in der gezeigten Anlage (Bild 208) eine pH-Wert-Meßanlage eingebaut ist, verwendet man auch Anlagen, mit denen eine Regelung des pH-Wertes möglich ist. Bild 209 zeigt das Schaltprinzip einer pH-Meß- und Regelanlage. Über einen Durchflußgeber (*a*), der mit den entsprechenden Elektroden ausgerüstet ist, wird ein Teilstrom des Maschinenabwassers geleitet. Das entstehende elektrische Potential wird verstärkt und am Meßgerät (*b*) als pH-Wert angezeigt. Entsprechend dem vorher eingestellten Sollwert, der mit dem Anzeigewert verglichen wird, steuert der Regelmotor (*c*) einen Stellmotor am Zuteilgerät und bewirkt damit die Zugabe von Aluminiumsulfat. Die Anordnung des Durchflußgebers soll im Bereich des Maschinenabwassers erfolgen, damit möglichst geringe Stoff- und Säure-

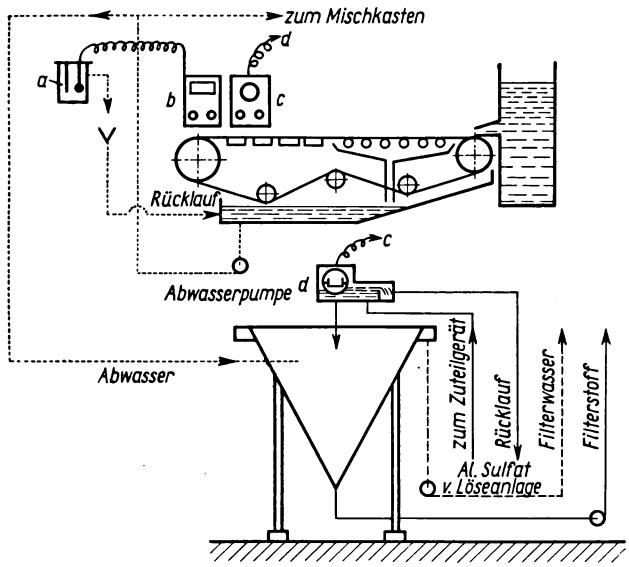


Bild 209. Schaltungsprinzip einer pH-Meß- und Regelanlage

konzentrationen vorliegen und dadurch die Messung im günstigen Bereich erfolgen kann. Damit soll gleichzeitig eine Verschmutzung der Elektrode vermieden werden.
Die Regulierung der Stauhöhe im Rundsieb erfolgt bei modernen Maschinen mittels Perlrohrsteuerung. Das Perlrohr ragt in den Stau des Abwassers innerhalb des Rundsiebes hinein. An einem Vorwahlgerät wird die gewünschte Stauhöhe mit der vorgewählten Stauhöhe verglichen. Bei Abweichungen wird ein pneumatisch gesteuertes Ventil betätigt, das die überschüssige Wassermenge abfließen läßt. Dadurch wird gewährleistet, daß innerhalb des Rundsiebes stets eine gleichmäßige Stauhöhe und damit auch ein gleichbleibender hydrostatischer Druck eingehalten wird.

9.8.2. Steuerung der Trockenpartie

Im Bereich der Trockenpartie bezieht sich die Meß-, Steuer- und Regelarbeit besonders auf die Regelung des Dampfdruckes bzw. der Trockentemperaturen, der Züge zwischen den einzelnen Trockengruppen und der Wärmerückgewinnungsanlage. Besondere Bedeutung hat in diesem Bereich die Messung und gegebenenfalls auch Regelung des Feuchtigkeitsgehaltes und der Masse je Flächeneinheit der Kartonbahn.

9.8.2.1. Feuchtigkeitsmeß- bzw. -regelgerät

Die Messung des Bahnfeuchtigkeitsgehaltes führt man zweckmäßig nach der letzten Naßpresse und am Ende der Trockenpartie durch. Ist die Kartonmaschine mit einem Glättzylinder ausgerüstet, so sollte man auch vor diesem messen, damit vor dem Einlauf in den Zylinder ein gleichmäßiger Feuchtigkeitsgehalt gewährleistet wird. Diese Feuchtigkeitsmeßgeräte arbeiten nach verschiedenen Prinzipien. Es soll hier nur auf ein Gerät eingegangen werden, das nach der dielektrischen Methode arbeitet. Als

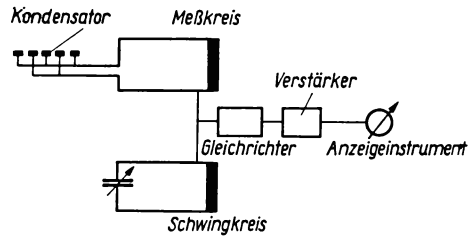


Bild 210. Schwingkreisschaltung eines dielektrischen Feuchtigkeitsmessers

Meßkopf dient ein Kondensator, der mit einem Teil seiner Eigenmasse auf der Kartonbahn aufliegt. Durch die nebeneinanderliegende Anordnung der Kondensatorbeläge ist diese Meßmethode möglich. Der elektrische Aufbau des Gerätes erfolgt nach der Schwingkreisschaltung, die im Bild 210 schematisch dargestellt ist. Durch den Einlauf der Kartonbahn in das elektrische Feld des Meßkondensators wird dessen Kapazität und gleichzeitig auch die Resonanzfrequenz bei dem Schwingkreis geändert. Dieser Schwingkreis wird durch einen Generator angeregt, der mit einer konstanten Frequenz arbeitet. Die in Abhängigkeit von der Kapazität des Kondensators gebildete Meßkreisspannung wird gegen die Spannung des Generatorkreises geschaltet, die Differenzspannung im Gleichrichter gleichgerichtet und über den Verstärker verstärkt. Diese Differenzspannung wird dann am Anzeigegerät als Wert für den Anteil der Feuchtigkeit in der Kartonbahn angezeigt. Diese Geräte werden in verschiedenen Ausführungen gebaut, und zwar mit nur einem Meßkondensator, der fest angebracht ist und nur an einer Stelle der Bahn mißt, oder mit mehreren Meßkondensatoren. Bei diesem muß

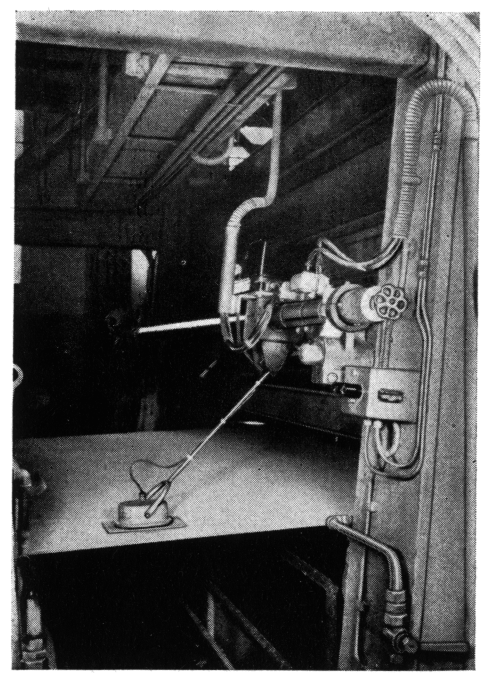


Bild 211. Feuchtigkeitsmeßgerät an einer Maschine

jeweils wahlweise auf einen anderen Kondensator umgeschaltet werden. Das zweckmäßigste Gerät ist allerdings dasjenige, bei dem der Meßkondensator traversierend angeordnet ist, weil man so einen guten Überblick über den Feuchtigkeitsgehalt der gesamten Bahnbreite erhält. Das ermöglicht dem Maschinenführer, Fehler in der Maschinenarbeit, die sich auf den Feuchtigkeitsgehalt auswirken, zu erkennen. Dazu gehören ungleichmäßiger Stoffauflauf, unterschiedliche Presseneinstellung, Versetzen von Filzen an einigen Stellen, unsachgemäße Arbeit der Saugpressen und andere mehr. Bild 211 zeigt das in einer Maschine eingebaute Feuchtigkeitsmeßgerät des VEB Feutron, Greiz, welches traversierend arbeitet. Unabhängig von der Feuchtigkeitsmessung, die bereits eine Verbesserung in der Überwachung der Maschinenarbeit gestattet, sind noch größere Ergebnisse dort zu erzielen, wo mit dem Meßgerät gleichzeitig eine Regeleinrichtung verbunden ist. Dadurch wird es möglich, den Trocknungsvorgang auf der Kartonmaschine automatisch zu steuern und auftretende Fehler nicht nur zu erkennen, sondern automatisch abzustellen.

Im Bild 212 wird die Schaltung eines Feuchtigkeitsmeß- und -regelgerätes gezeigt, das mit Pilotzylinder arbeitet. Das Meßprinzip beruht hier auf der physikalisch bedingten Abkühlung der Bahn und dem damit zusammenhängenden Temperaturrückgang nach Verlassen der Trockenpartie. So beträgt z. B. die Temperaturabnahme bei einer sehr hohen Feuchtigkeit von 15 % bereits 50 cm hinter dem letzten Zylinder etwa 40 °C. Wie aus dem Bild zu entnehmen ist, arbeitet dieses Verfahren mit einem Pilotzylinder, der zur Einhaltung eines gleichmäßigen Druckes eine gesonderte Dampfzuführung (6) besitzt. Gemessen wird der Temperaturunterschied zwischen Zylinderoberfläche und Papierbahn mittels Fühlern (1, 2, 3), die aus Thermoelementen bestehen und 70 cm voneinander entfernt angeordnet sind. Das Meßergebnis wird

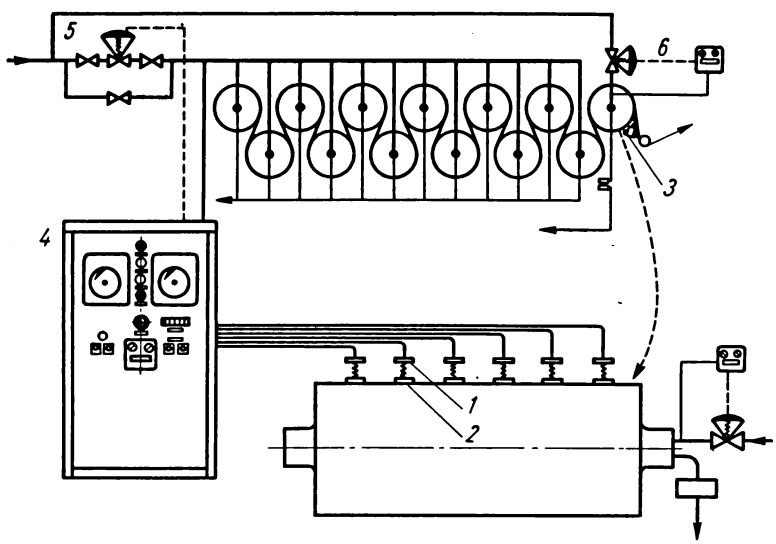


Bild 212. Feuchtigkeitsmeß- und Regelanlage mit Pilotzylinder

(*1*) Meßorgane an der Bahn, (*2*) Meßorgane am Impulszylinder (dem letzten oder vorletzten Trockenzylinder), (*3*) in die Trockenpartie eingebautes Impulsorgan, (*4*) Instrumentenschrank mit elektronisch-pneumatischer Instrumentierung, (*5*) pneumatisches Regelventil, (*6*) pneumatische Druckregelung des Impulszylinders

mit dem im Regler (4) eingestellten Sollwert verglichen. Sofern Impuls und Sollwert nicht übereinstimmen, wird mittels pneumatischer Stelleinrichtung der Einstellpunkt auf den Sollwert geregelt. Damit tritt eine Veränderung in der Dampfzuführung (5) der Kartonmaschine ein. Dieses Gerät ist außerdem mit einem Bahnabrißschalter ausgerüstet, so daß während der Dauer der Unterbrechung keine Regelung erfolgt. Dieser Abrißschalter schaltet erst in dem Moment wieder ein, wenn die Kartonbahn wieder aufgeführt ist. Neu bei diesem Gerät ist, daß dasselbe bei einem Bahnriß automatisch abgefahren werden kann, damit ein reibungsloses Aufführen möglich ist.

9.8.2.2. Messung und Regelung der Masse je Flächeneinheit

Das zur Messung und Regelung der Masse je Flächeneinheit verwendete Gerät arbeitet berührungslos und auf der Basis radioaktiver Isotope. Das Verfahren beruht auf der Erkenntnis, daß die Intensität der radioaktiven Strahlung beim Durchgang durch irgendwelche Substanzen von der Dicke des durchstrahlten Stoffes abhängig ist.
Das Schema des Aufbaues einer derartigen Einrichtung ist im Bild 213 dargestellt. Auf der einen Seite der zu messenden Bahn befindet sich eine Strahlungsquelle, auf der anderen Seite eine Ionisationskammer als Strahlennachweisgerät. Diese Ionisationskammer steht unter Überdruck. Durch die radioaktive Strahlung des über der Kammer angeordneten Isotops werden Ionen gebildet, die auf der Mittelelektrode gesammelt werden und über einen Hochohmwiderstand abfließen. Die Stärke des Stromes ist ein Maß für die Dicke des Meßgutes. Durch das Fließen desselben entsteht am Arbeitswiderstand eine Gleichspannung, die einen Schwingkondensator auflädt, von dem dann eine Wechselspannung abgenommen wird. Diese Wechselspannung wird in dem stabilisierten Wechselspannungsverstärker verstärkt. Die gesamte Meßanlage ist in einem Meßbügel untergebracht, um einmal Schutz gegen radioaktiven Strahlenaustritt und gegen Beschädigung zu haben. Zum anderen ist

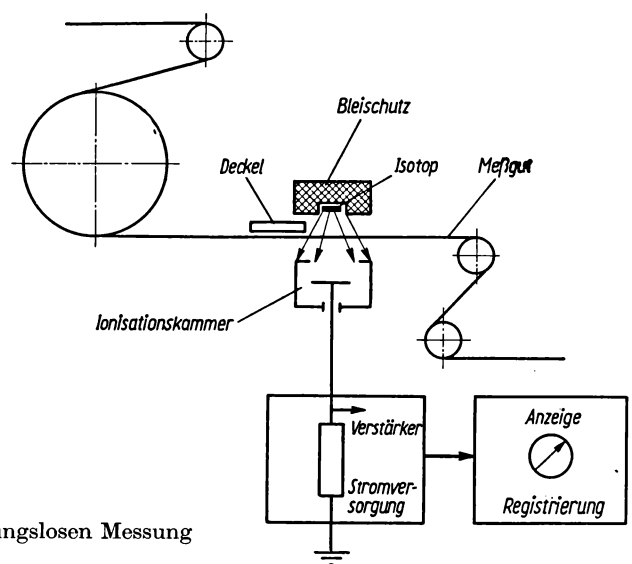


Bild 213. Schema der berührungslosen Messung der Masse je Flächeneinheit

Bild 214. Meßgerät zur Messung der Masse je Flächeneinheit, traversierend

ein gleichmäßiger Abstand zwischen Strahler und Strahlennachweisgerät unbedingt notwendig, damit eine Beeinträchtigung der Strahlenintensität vermieden und damit eine Verfälschung des Meßergebnisses ausgeschaltet wird.
Bei dem beschriebenen Gerät gibt es eine Ausführung, die nur an einer Stelle der Kartonbahn messen kann, weil sie ortsfest angebracht ist. Die zweite Ausführung arbeitet traversierend und erfaßt deshalb die gesamte Breite der Kartonbahn. Im Bild 214 wird ein Gerät gezeigt, welches traversierend arbeitet. Strahlenquelle und Ionisationskammer sind in diesem Falle je auf einer über und unter der Kartonbahn angebrachten Traverse angeordnet und auf dieser über die gesamte Bahnbreite parallel verschiebbar.
Mit diesem Gerät ist eine wesentlich bessere Kontrolle der gesamten Bahn und damit das Erkennen unterschiedlicher Masse möglich. Eine Neuentwicklung in der Deutschen Demokratischen Republik ist die Regelung der Masse je Flächeneinheit. Mit Hilfe dieses Gerätes kann in der gleichen Weise, wie das bei dem Feuchtigkeitsregelgerät geschildert wurde, die automatische Veränderung der Masse je Flächeneinheit auf den Sollwert binnen kürzester Frist erfolgen. Das Meßgerät für die Messung der Masse je Flächeneinheit wird an verschiedenen Stellen einer Kartonmaschine eingebaut. In den meisten Fällen findet man es vor oder nach dem Maschinenglättwerk. Das bedeutet allerdings, daß bei Vorhandensein einer Anlage zur Regelung der Masse je Flächeneinheit beim Erkennen der Masseschwankung bereits eine große Menge mit dieser veränderten Masse angefallen ist, ehe eine Veränderung erfolgt. Es ist deshalb zu überlegen, ob man eine derartige Regelanlage nicht zweckmäßig hinter der letzten Naßpresse, und zwar kurz vor dem Einlauf der Bahn in die Trockenpartie, anordnet, um so Abweichungen schneller ausgleichen zu können.

9.8.2.3. Messung der Zugspannung und der Zylinderoberflächentemperatur

Die Erzielung hochwertiger Kartonqualitäten und der gleichzeitig wirtschaftlichste Betrieb einer Kartonmaschine erfordern eine ständige Überwachung der Maschine und die Ermittlung reproduzierbarer Werte, damit die entsprechenden Veränderungen getroffen werden können. Zur Erreichung der erwähnten Ziele ist es erforderlich, daß

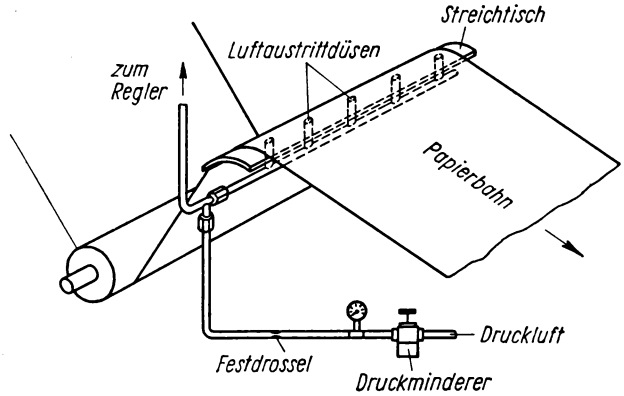


Bild 215
Zugspannungsmesser für eine Trockenpartie

einerseits eine unnötige Überdehnung der Bahn innerhalb der Maschine und dadurch hervorgerufene Festigkeitsminderungen bzw. eine falsche Trocknung der Bahn in den einzelnen Abschnitten vermieden wird. Zu diesem Zweck wurden Meßgeräte entwickelt, mit deren Hilfe eine bessere Überwachung der Trockenpartie möglich ist. Unabhängig davon, daß verschiedene Antriebssysteme sekundäre, dem Papierzug abhängige Erscheinungen zur Messung und Regelung heranziehen, ist man doch daran interessiert, die Zugspannung unmittelbar zu messen und daraus abgeleitet auch zu regeln. Diese Zugmessung und -regelung kann nach verschiedenen Methoden, so z. B. unter Verwendung von Kraftmeßdosen, Zusatzbe- und -entlastung von Papierleitwalzen, usw. erfolgen. Im Bild 215 wird eine Form der Zugmessung dargelegt. Die Bahn läuft über ein feststehend angeordnetes, gewölbtes Blech. Über ein Zuführungsrohr, dessen Abzweigungen, gleichmäßig über die Bahnbreite verteilt, in dem gewölbten Blech enden, wird druckgeregelte Luft zugeführt. Abhängig von der Stärke des Bahnzuges kann die Luft in größerer oder geringerer Menge entweichen, wodurch sich im Luftzuführungsrohr ein Überdruck einstellt, der dem Bahnzug entspricht. Der gemessene Wert kann mit einem eingestellten Sollwert verglichen und dadurch gleichzeitig ein Regelvorgang ausgelöst werden.
Wie bereits erwähnt, kommt es bei der Trocknung der Kartonbahn in der Trockenpartie darauf an, die jeweils richtige Trockenkurve ständig beizubehalten, weil dadurch

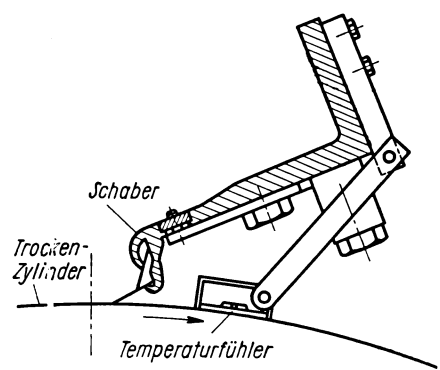


Bild 216. Temperaturfühler zur kontinuierlichen Messung der Zylinderoberflächentemperatur

die Gewähr für eine gute und gleichmäßige Qualität des Produktes gegeben ist. Um eine ständige Übersicht zu erhalten, verwendet man heute bereits die verschiedensten Verfahren. Dazu gehört die Verwendung von Anlegepyrometern, Widerstandsthermometern und -fühlern, Thermoelementen, usw. Zur kontinuierlichen Messung an der Maschine eignen sich speziell Thermometer bzw. Temperaturfühler, welche die Zylinderoberfläche nicht berühren, aber in geringem Abstand von derselben angebracht sind und so ohne wesentliche äußere Beeinflussung der Meßergebnisse arbeiten. Bild 216 zeigt einen Temperaturfühler, der an der ablaufenden Zylinderseite am Schaber montiert ist. Ausgehend von der Tatsache, daß die unmittelbar an der Oberfläche befindliche Luftschicht die gleiche Temperatur wie die Zylinderoberfläche hat, ist der Fühler in einem Abstand von etwa 0,5···2 mm, der Abstand richtet sich nach der jeweiligen Konstruktion, angebracht. Die Anzeige ist so ausgebildet, daß ein ständiger Vergleich mit dem jeweiligen Sollwert möglich ist.

10. Erzeugung auf Handpappenmaschinen

Während diese Technologie der Pappenerzeugung lange Jahre hindurch in einem sehr großen Umfang angewendet wurde, beschränkt sie sich heute immer mehr auf die Erzeugung von Spezialpappen, die auf der Kartonmaschine nicht erzeugt werden können. Zu diesen Sorten gehören insbesondere die Kofferhartpappen, Schuhpappen, Matrizenpappen, Preßspan in großen Dicken und einige andere mehr. Sowohl bei der Erzeugung der genannten Pappensorten als auch bei der Herstellung der Sorten, die man heute zweckmäßig auf Kartonmaschinen erzeugt, hat sich eine Veränderung in der Technologie insofern ergeben, als man einmal bestrebt ist, den Einsatz menschlicher Arbeitskraft und Kosten zu verringern. Zum anderen kommt es darauf an, den Menschen von der schweren körperlichen Arbeit zu befreien. Diese Maßnahmen wirken sich letzten Endes in einer Verbesserung des ökonomischen Ergebnisses aus. Das bedeutet, daß auch hier bereits eine Weiterentwicklung in der Technologie erreicht wurde, die den Prinzipien der Herstellung endloser Kartonbahnen wesentlich näher kommt, also im Fließsystem arbeitet.

10.1. Konstanter Teil

Über den konstanten Teil einer Wickelpappenanlage bedarf es keiner grundsätzlichen Erläuterungen. Hierbei wird darauf verwiesen, was bereits bei der Kartonerzeugung gesagt wurde. Auch bei diesen Anlagen verwendet man heute moderne Stoffreinigungs-, Dosierungs-, Auflöse- und Mahlgeräte, die bei der Kartonherstellung ausführlich beschrieben wurden. Die Einrichtung des konstanten Teiles richtet sich jeweils nach der zu fertigenden Pappensorte und Menge und nach der zu erreichenden Qualität des Enderzeugnisses.

10.2. Wickelpappenmaschine

Die erste Einzylinder-Pappenmaschine war bereits 1825 in Betrieb. Ihre Konstruktion hat sich in den Grundprinzipien bis zum heutigen Tage kaum verändert. Verbesserungen finden wir allerdings in den Hauptelementen, nämlich dem Rundsiebzylinder einschließlich des Kastens, wie das bei der Kartonmaschine unter Ziffer 9.2.1. bereits ausführlich behandelt wurde. Weiterhin wurde eine wesentliche Veränderung des Antriebes durchgeführt. Die alten Stufenscheiben sind weggefallen und durch stufenlos regelbare Getriebe ersetzt. Eine sehr bedeutende Verbesserung, die auch die Voraussetzung für die kontinuierliche Gestaltung des Produktionsprozesses schaffte, ist die Entwicklung der Automatikabnahmewalze.
Das auf dem Rundsieb gebildete Blatt, das je nach der Pappensorte und -qualität eine unterschiedliche Masse je Blatt (Elementarlage) von 50···120 g/m² haben kann, wird durch den Druck der auf dem Rundsiebzylinder aufliegenden Abgautschwalze an den endlosen Filz übergeben und von diesem der Naßpresse zugeführt, auf der eine weitere Entwässerung erfolgt.

10.2.1. Naßpresse mit Formatwalze

Die Naßpresse besteht aus einer unteren Gummiwalze, über die der Antrieb der Pappenmaschine vom Getriebe aus erfolgt, und der oberen Preßwalze, die als Format- oder Abnahmewalze bezeichnet wird. Aufgabe der Formatwalze ist es, die von der Abgautschwalze auf den Naßfilz überführte Stoffbahn weiter zu entwässern und zu einem Pappenzylinder aufzuwickeln. Die Dicke bzw. die Lagenzahl dieses Zylinders richtet sich nach der Dicke und der Masse je Flächeneinheit des Fertigerzeugnisses. Dabei hat die Formatwalze die sehr wichtige Aufgabe, die einzelnen Lagen untereinander möglichst gut zu vergautschen, damit später das gefürchtete Spalten vermieden wird. Die Entwässerung auf der Pappenmaschine nimmt etwa folgenden Verlauf: Trockengehalt nach dem Rundsiebzylinder etwa 4 %, Trockengehalt nach der Abgautschwalze etwa 9···12 %, Trockengehalt nach der Formatwalze 28···33 %. Diese Trockengehalte richten sich nach dem Charakter des Stoffes, d. h. danach, ob dieser rösch oder schmierig ist.

10.2.1.1. Format- oder Abnahmewalze

Die herkömmliche Formatwalze besteht aus einem gußeisernen Zylinder mit einer Wanddicke von etwa 16···18 mm. Meist sind die Walzen aus einem Stück und mit gußeisernen Stirnseiten ausgerüstet. Diese Stirnseiten werden durch Armkreuze gebildet, in deren Naben eine durchgehende Welle eingezogen ist. Der Umfang des Zylinders richtet sich nach dem zu arbeitenden Format. Normalerweise sind die Walzen mit zwei Nuten versehen, mit deren Hilfe das „Abschneiden der Pappen" erfolgen kann. Durch den Umfang der Walze und die jeweils auf dem Halbmesser angeordneten Nuten wird die Abmessung der Pappe auf der einen Kante und durch die am Rundsiebzylinder eingestellte Bahnbreite die Abmessung der anderen Kante bestimmt. Neben den vielen vorhandenen Formaten gilt als das Normalformat die Abmessung 70 × 100 cm. Im Bild 217 wird eine Wickelpappenmaschine mit einer Formatwalze gezeigt, von der die Pappen von Hand abgenommen werden.
Bekanntlich bringt die Handabnahme eine erhebliche Erschwernis der gesamten Arbeit mit sich und stellt eine hohe körperliche Belastung für den arbeitenden

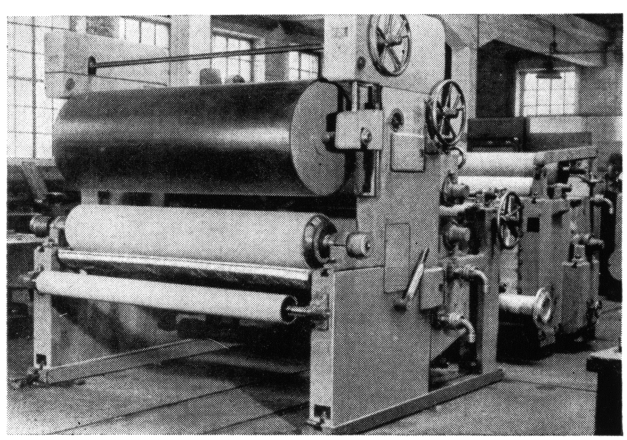


Bild 217. Pappenmaschine mit Handabnahme

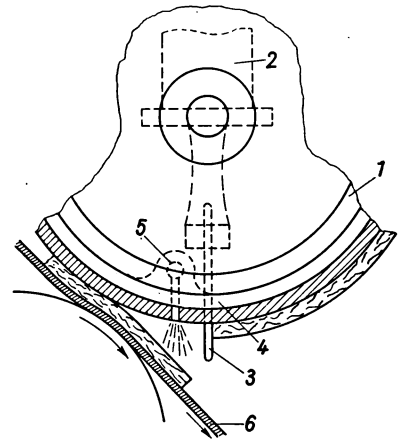


Bild 218. Prinzip einer Automatik-Abnahmewalze

Menschen dar. Weil die Pappen infolge ihres hohen Wassergehaltes, der unterschiedlich zwischen 67 und 70 % liegt, sehr schwer sind, entwickelte man eine automatisch arbeitende Abnahmevorrichtung.
Bild 218 zeigt das Prinzip einer automatisch arbeitenden Formatwalze, die eine bedeutende Arbeitserleichterung und Verbesserung des Arbeitsablaufes ermöglicht. Im Inneren der Formatwalze (1) ist ein Messer (3) eingebaut, das durch zwei Preßluftzylinder (2) betätigt wird. Das Messer, das im Schlitz (4) geführt wird, wird beim Durchschneiden der Pappe mittels Preßluft blitzschnell gegen die untere Preßwalze gestoßen und schnellt sofort wieder zurück. Eine Beschädigung des Filzes tritt dadurch nicht ein. Das Auslösen des Schnittes geschieht über die auflaufende Pappenstärke. Der aufgeschnittene und sich von der Formatwalze lösende Pappenbogen fällt auf das anschließende Förderband (6), das ihn zur Ablage transportiert. Die Ablösung der Pappe von der Formatwalze wird durch Luftstrahlen aus der Düse (5) unterstützt. Mit der Walze kann allerdings nur eine Teilung der Pappe vorgenommen werden und nicht wie bei der alten Handabnahmewalze zwei Teilungen. Es muß also nachträglich ein Schneiden des Großformates erfolgen. Dieser Arbeitsgang wird aber durch die Vorteile, die die Automatikwalze bringt, in vollem Umfang aufgewogen. Dazu kommt als weiterer Vorteil die mögliche Geschwindigkeitserhöhung beim Einsatz derartiger Walzen. Während bei Wickelpappenmaschinen mit Handabnahme die möglichen Maschinengeschwindigkeiten bei 25···30 m/min liegen, bei denen eine Abnahme durch den Menschen noch möglich ist, lassen sich diese bei Automatikabnahme auf 50···80 m/min erhöhen. Bild 219 zeigt eine neu entwickelte Automatikabnahmewalze des VEB Papiermaschinenwerke Freiberg/Sa.

Das Arbeitsprinzip dieser Walze ist folgendes:

Innerhalb jeder der beiden Längsnuten ist ein Düsenrohr eingebaut, das mit einem Druckluftanschluß elastisch gekuppelt ist. Auf dieses Rohr sind in Abständen von etwa 25 mm Düsen aufgesetzt, über die mit einem Luftdruck von 6···8 at eine sehr wirkungsvolle „Stich-Schneid-Wirkung" ausgeübt wird. Durch das Einblasen der Druckluft wird die auf die Formatwalze aufgewickelte Pappe jeweils an den Düsen

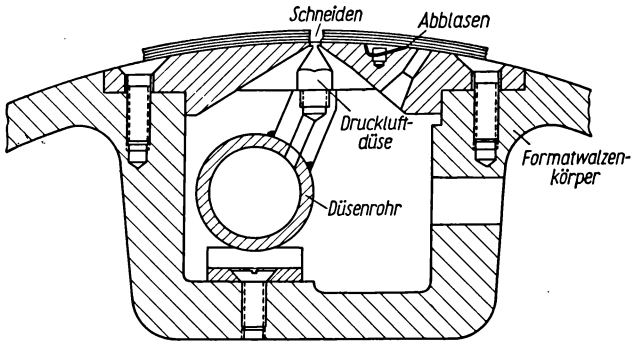


Bild 219. Automatik-Abnahme-Walze „PAMA“

durchstoßen. Gleichzeitig erfolgt ein Verschieben des Düsenrohres um mehr als einen Düsenabstand längs der Formatwalze, so daß die erwähnte Wirkung eintritt.
Der Lufteintritt und das Verschieben des Düsenrohres werden von einer Leitkurve gesteuert, die an der Walzenstuhlung angebracht und elektromagnetisch in den Drehbereich einer Stützrolle eingeschwenkt wird, die am Ende des Düsenrohres aus der Formatwalze herausragt [107].
Der Vorteil dieser Konstruktion besteht darin, daß bei sehr starken Pappensorten ein mehrmaliges Schneiden erfolgen kann und kein erhöhter Luftdruck angewendet werden muß. Die Abstände, in denen ein Zwischenschneiden erfolgen soll, können vorgewählt werden.
Wie aus dem Bild zu ersehen ist, erfolgt mit der gleichen Vorrichtung auch das Abdrücken der Pappe von der Formatwalze nach Erreichen der festgelegten Pappendicke. Durch einen Zugmagneten wird über einen Hebel das Düsenrohr bis zu den

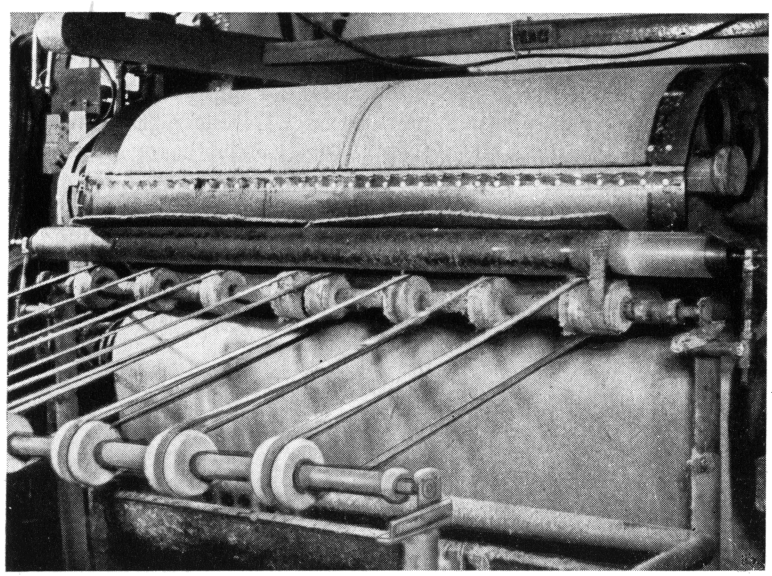


Bild 220 Abdrücken der Pappe von der Formatwalze

Abblaslöchern geschwenkt, und die Düsen blasen gegen eine Prallfolie (4), die auf der gesamten Walzenbreite über den Luftlöchern angebracht ist. Durch das Hochdrücken der Prallfolie wird die Pappe von der Walze abgedrückt (Bild 220) und kann so von der Walze abgeführt werden.

Ein weiterer Vorteil der Konstruktion liegt darin, daß mit ihr zwei Längsschnitte durchgeführt werden können.

Da aber bei der alten Handabnahme die Geschwindigkeit nicht gesteigert und damit die Maschinenleistung und Arbeitsproduktivität nicht erhöht werden kann, ist gleichzeitig auch die Abführung von der Formatwalze und die Stapelung der nassen Pappen mechanisiert.

Wie aus dem Bild 221 zu erkennen ist, wird die von der Formatwalze abgeblasene Pappe über eine Ablegewalze auf einen Überführtisch abgelegt. Dieser Tisch ist kippbar eingerichtet, um ein Abwerfen von Ausschußbogen zu ermöglichen. Von diesem wird die Pappe einem Band zugeführt, das über einen Abnahmetisch läuft, über dem eine Saugplatte angeordnet ist. Diese Saugplatte hebt die Pappe ab, schwenkt um 180° und legt sie auf den Stapel ab. Wie aus dem Bild zu erkennen ist, paßt sich die Saugplatte der Stapelhöhe an.

Gegenüber der bisherigen Form der Abnahme und Stapelung verbleibt lediglich noch das Zwischenlegen der Preßbleche bzw. Preßtücher und das Einfahren der Stapel in die hydraulische Presse als manuelle Tätigkeit.

Eine andere Form ist das Nachschalten von zwei Walzenpressen hinter die Formatwalze und die direkte Zuführung zu einem Bandtrockner. *Klarmann* [107] gibt für Graupappen bei der Verwendung einer Formatwalze mit zwei Längsschnitten, zwei Pappenformaten nebeneinander und vier Pappen je Abnahmetakt folgende Leistungsdaten an:

Tabelle 43. Annähernde Vergleichswerte zwischen Hand- und automatischer Fertigung von Graupappe mit 2···4 mm Naßdicke

	Wickelpappenmaschine	Automatische Pappenmaschine mit Naßstapelung	Vollautomatische Pappenmaschine mit zwei Trockenpressen
Formatwalzendurchmesser in mm		850	
Arbeitsbreite in mm		2000	
Auflaufmasse in g/m²		70	
Maschinengeschwindigkeit v = m/min	18	50	60
Leistung in t/d, 88 % atro	2,8	10,3	12
erforderliche Arbeitskräfte in Mann/t	2,0	1,1	0,25

Eine andere Konstruktion der Automatik-Formatwalze ist die „Horne-Walze". Das Arbeitsprinzip dieser Konstruktion ist folgendes: Der auf die Formatwalze aufgewickelte „Pappenzylinder" wird bei Erreichen der gewünschten Dicke durch eine

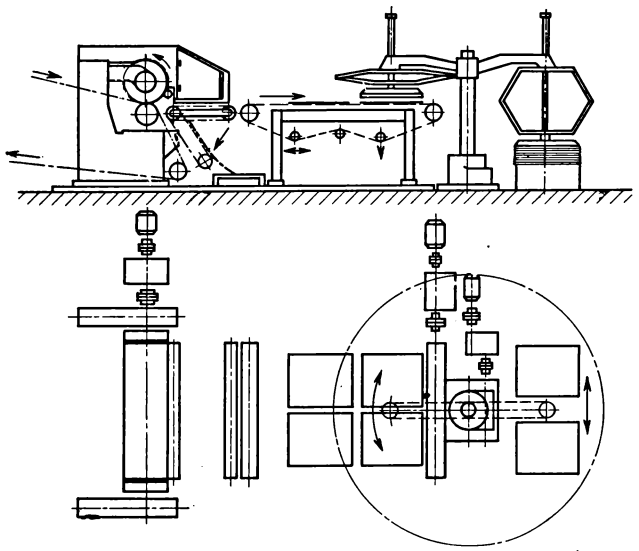


Bild 221
Automatische Pappenablage

über der Formatwalze laufende Messerwalze von außen aufgeschnitten. Der Schnitt erfolgt genau im Scheitelpunkt der Formatwalze. Das Ablösen von derselben geschieht durch Abblasen.

10.2.1.2. Einstellung der Pappendicke

Wie bereits erwähnt wurde, läuft die Pappe an der Formatwalze in der gewünschten Dicke auf. Um eine möglichst große Gleichmäßigkeit in der Pappendicke innerhalb einer Sorte zu erhalten, bedarf es einer Signalanlage, mit deren Hilfe die gewünschte Dicke eingestellt und deren Einhaltung überwacht wird. Bei älteren Pappenmaschinen findet man noch das alteingeführte Klingelwerk, das über der Formatwalze angebracht war und bei dessen Anschlagen die Abnahme erfolgte. Neuere Formen der Dickeneinstellung und -überwachung stellen die eingebauten Dickenmesser dar, die von dem VEB Prüfgerätewerk Leipzig hergestellt werden. Mit Hilfe dieser Dickenmesser läßt sich eine sehr genaue Einhaltung der gewünschten Dicken erreichen. Das ist besonders bei der Herstellung von Hartpappen, Schuhpappen usw. notwendig. Das Gerät ist mit einer Tastrolle ausgerüstet, damit eine möglichst feinfühlige Messung erfolgen kann. Man kann diese Dickenmesser noch zusätzlich mit einem akustischen oder Lichtsignal verbinden, um damit den Abnehmer aufmerksam zu machen.

10.3. Stapeln der nassen Pappen

Die Pappen haben bei der Abnahme von der Formatwalze einen verhältnismäßig hohen Feuchtigkeitsgehalt und sind deshalb außerhalb der Maschine noch weiter zu entwässern, ehe sie dem eigentlichen Trockenprozeß unterzogen werden. Die ab-

genommenen Bogen werden von Hand gestapelt, wobei je nach der Pappensorte entweder nur Preßbleche in gewissen Abständen eingelegt sind bzw. zwischen einzelne oder mehrere Pappen ein Preßtuch oder Sieb gelegt wird. Bei den geringeren Sorten, wie Graupappe, Lederpappe, aber auch Holzpappe, verwendet man nur Preßbleche, die man in bestimmten Abständen in die Stapel einlegt. Die Zwischenräume betragen meist etwa 8 cm. Bei den besseren Pappensorten verwendet man dagegen in allen Fällen Preßtücher, wobei die Pappen je nach der Qualität jeweils einzeln oder paarweise eingetüchert werden. Die Tücher, die entweder aus Baumwolle oder aus Zellwolle sein können, haben vor allem die Aufgabe, ein Verpressen oder auch Verkleben der Pappen zu vermeiden. Außerdem begünstigen sie den Entwässerungsvorgang auf den Pressen. Die Pappen werden auf Preßwagen gestapelt, die mit Rädern versehen sind und direkt in die Presse eingefahren werden können. Dazu ist es allerdings notwendig, daß die Presse direkt vor und in unmittelbarer Nähe der Pappenmaschine aufgestellt wird.

10.4. Pressen der Pappen

Zum Pressen der nassen Stapel verwendet man heute ausschließlich hydraulisch betätigte Pressen. In diesen Pressen erfolgt eine weitere Entwässerung der Pappen unter Druck. Der Druck wird während des Preßvorganges laufend gesteigert und dabei die Preßgeschwindigkeit der Pappensorte angepaßt. Es ist auch vorteilhaft und oft sogar notwendig, im Preßvorgang Unterbrechungen vorzunehmen und erst dann wieder zur Druckerhöhung zu schreiten, wenn kein Wasser mehr aus den Pappen abläuft. Der anzuwendende Preßdruck und besonders die Preßgeschwindigkeit sind vom Mahlungsgrad des Stoffes und der damit in Zusammenhang stehenden Entwässerungsgeschwindigkeit abhängig. Der aufgewendete Druck liegt je nach Pappensorte zwischen 200 und 350 at. Je höher der Pressendruck, um so größer ist auch bis zu einer gewissen Grenze der Entwässerungsgrad [108]. Durch das Pressen der noch sehr nassen Pappen wird bei gut geführter Pressenarbeit ein Trockengehalt erzielt, der bei Feinpappen zwischen 40 und 45 % und bei Grau- und Handlederpappen bei 45 bis 50 % liegt. Das Pressen soll außerdem das Flachliegen der Pappen, die Bindung zwischen den einzelnen Lagen und ihre Festigkeit erhöhen. Je härter eine Pappe sein soll, um so stärker muß gepreßt werden. Ausschlaggebend für die Pressenarbeit ist aber außer den bisher genannten Komponenten auch das Format der Pappen. Je größer das Format und je schmieriger der Stoff ist, um so mehr Sorgfalt muß auf das Pressen gelegt werden, damit die Stapel und damit die Pappen nicht zerpreßt und unbrauchbar werden.

Die bereits erwähnten Preßtücher, die speziell bei Hart- und Feinpappen angewendet werden, weil es sich meist um einen Stoff mit höheren Mahlungsgraden handelt, begünstigen die Pressenarbeit und fördern vor allem den Entwässerungsvorgang. Infolge ihrer hohen Wasserleitfähigkeit tragen sie zur Abführung des Wassers bei. Ein weiterer Vorteil, der das Auspressen der Pappen begünstigt, ist die Verwendung von bombierten Preßplatten. In diesem Falle bombiert man sowohl die untere als auch die obere Preßplatte. Je nach Größe der Formate erfolgt die Bombierung mit Steigungen von 5···12 cm [109]. Das hat seinen Vorteil darin, daß die Entwässerung der Pappen aus der Mitte heraus begünstigt wird und damit auch die Neigung zum Welligwerden nachläßt.

Neben den gütebedingten Maßnahmen, die durch das Pressen erreicht werden, hat ein richtiges und intensives Auspressen, also eine hohe Feuchtigkeitsentfernung, einen sehr großen wirtschaftlichen Nutzen. Welche Trockengehalte bei der Aufwendung der verschiedenen Preßdrücke erreicht werden können, ist aus nachstehender Tabelle zu ersehen.

Tabelle 44. Leistungen von Pappenpressen

Preßdruck in kp	Trockengehalt in %
30000	25
50000	30
100000	35
150000	40
200000	45
250000	50

Eine höhere Steigerung des Preßdruckes bringt nur unwesentliche Trockengehaltssteigerungen, so daß hier der Aufwand in keinem Verhältnis zum Nutzen steht. Die trotzdem vielfach aufgewendeten höheren Preßdrücke dienen dann nicht mehr der Entwässerung, sondern vielmehr einer höheren Verdichtung. Je höher der Trockengehalt durch das Pressen wird, um so kürzer ist die Trocknungszeit bei der Lufttrocknung bzw. um so weniger Wärme muß bei der Dampftrocknung aufgewendet werden. Das hat auch zur Folge, daß der Wärmeaufwand geringer ist. Zum anderen ergibt sich aus dem höheren Trockengehalt und der damit verbundenen geringeren Wasserverdampfung eine Leistungssteigerung der Trockenanlagen.

Stafforst [109] beweist an einem Beispiel, daß z. B. eine 3 %ige Trockengehaltssteigerung nicht eine 3 %ige Dampfeinsparung, sondern eine solche von 12,5 % oder eine Leistungssteigerung der Trockenkanäle von gleichfalls 12,5 % bringt. Diese Ermittlung wurde bei einer Tagesproduktion von 18000 kg Handlederpappe gemacht. Bei einer Steigerung des Trockengehaltes nach der hydraulischen Presse ergeben sich folgende Werte:

Tabelle 45. Dampfeinsparung bei Trockenkanälen durch Steigerung des Trockengehaltes T_a

Trockengehalt in %	Wasser in %	Gesamtwassermenge in kg	Gesamtwassermenge in %	Einsparung in %
32	68	38200	100	0,0
33	67	36500	95,5	4,5
35	65	33400	87,5	12,5
37	63	30700	80,5	19,5
39	61	28200	74,0	26,0
41	59	25900	67,5	32,5

Dementsprechend beträgt die zu verdampfende Menge Wasser je kg Pappe:

Tabelle 46. Zu verdampfende Wassermenge je kg Pappe entsprechend dem Eingangstrockengehalt T_a

Trockengehalt in %	Wasser in kg	Trockengehalt in %	Wasser in kg
30	2,34	36	1,78
31	2,33	37	1,70
32	2,13	38	1,63
23	2,03	39	1,56
34	1,94	40	1,50

Damit wird bewiesen, daß das Pressen der Pappen einen wesentlichen Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit einer Anlage haben kann. Deshalb muß diesem Teil des Produktionsprozesses erhöhte Bedeutung beigemessen werden.

10.5. Trocknen der Pappen

Bei der Herstellung von Wickelpappen hat die Trocknung einen nicht unbedeutenden Einfluß auf die Güte und Beschaffenheit des Erzeugnisses. Die Wirtschaftlichkeit einer Wickelpappenanlage wird in bedeutendem Maße durch die Arbeitsweise der Trocknungseinrichtungen mitbestimmt. In einer modernen Wickelpappenanlage kennt man heute nur noch die technische Trocknung unter Verwendung von Trockenkanälen. Die Boden- oder Schuppentrocknung, bei der als Trockenmedium die bewegte atmosphärische Luft verwendet wurde, gehört bis auf Ausnahmen der Vergangenheit an. Deshalb wird auch auf diese Form der Trocknung nicht mehr eingegangen.

10.5.1. Technische Trocknung

10.5.1.1. Trocknungskammern

Trocknungskammern findet man noch vereinzelt in Pappenfabriken, die diese früher für die Nachtrocknung bereits an der Luft vorgetrockneter Pappen verwendeten. Die Trocknung in diesen Kammern ist sehr langwierig und damit auch unwirtschaftlich. Man rüstet die Kammern mit Heizregistern aus und schafft mit eingebauten Ventilatoren einen künstlichen Luftumlauf, was allerdings etwas die Leistungsfähigkeit beeinflußt. Mit diesen Kammern erreicht man Tagesleistungen von 2 bis maximal 3 t. Bei einem zweckentsprechenden Aufbau mit Bodenbeheizung und guter Be- und Entlüftung rechnet man mit einem Dampfverbrauch von 2,2···2,6 kg/kg Wasserverdampfung bei einem Dampfdruck von 0,5···1,0 at.

10.5.1.2. Hängetrockner

Die ältesten kontinuierlich arbeitenden Trockner sind die „Hängetrockner". Sie eignen sich besonders für die Trocknung von geringeren Pappensorten. Als vorteil-

hafteste Konstruktion ist die Trocknerbauart bekannt, in der die Pappen quer zur Laufrichtung des Trocknungskanals eingehängt werden. Die Vorteile liegen vor allen Dingen in der guten Luftumwälzung und zum anderen in dem größeren Fassungsvermögen und der dadurch höheren Leistungsfähigkeit. Diese Trockner arbeiten nach dem Umluft-Stufen-Verfahren. Im Inneren der Trockner wird mit Zirkulationsströmen gearbeitet, wobei große Luftmengen umgewälzt werden, die ein Mehrfaches der Abluftmenge betragen. Dadurch ist der Wärmeaufwand gering, und es bietet sich gleichzeitig der Vorteil, daß die Luft über die gesamte Pappenfläche streichen kann. Durch die eingebauten Heizregister wird die Temperatur stets konstant gehalten und die an die Pappen abgegebene Wärme wieder ersetzt. Das hat zur Folge, daß durch die ständig stufenweise Erwärmung und vielfache Beaufschlagung der Pappen eine hohe Feuchtigkeitsaufnahme durch die Luft erfolgt.

In seiner Veröffentlichung über das Trocknen von Wickelpappen nennt *Stafforst* [109] folgende Grundsätze, die ausschlaggebend für den wirtschaftlichen Betrieb eines Hängetrockners sind:

1. Es ist eine einwandfreie und restlose Isolierung aller Seitenwände und Decken erforderlich; außerdem ist der gesamte Unterbeton und Boden mit Bimskies herzustellen, um auch die nach unten laufenden Wärmeverluste auszuschalten.
2. Alle Flanschenköpfe (Verteiler) der Rippenrohre und Kondenstöpfe sind leicht zugänglich zu machen, indem sie im Kanalinneren untergebracht werden. Hierdurch wird jede Wärmeausstrahlung ins Freie unterbunden. Einzelne Dichtungen werden erfahrungsgemäß nur selten in größeren Abständen gewechselt.
3. Wenn die Hängetrockner mit konstanter Belastung gefahren werden, so sind bei einem Heizdruck von 0,5···1 at sämtliche Regelarmaturen aus den Kondenstöpfen zu entfernen und alle Kondensatleitungen nach einer gemeinsamen Rückleitung zu führen, welche als barometrische Schleife im Gebäude hochgezogen wird und nach dem Kesselhaus führt. Die Leitungshöhe ist so zu wählen, daß dieselbe bei 1 at etwa 8 m hochgezogen wird. Hierdurch wird eine kontinuierliche Kondensatableitung erreicht.
4. Es muß eine gleichmäßige Fahrweise der Kanäle erfolgen; bei stoßweisem Fahren tritt ein Pulsieren der Trockner ein, die Abluft tritt zu trocken und nicht gesättigt ins Freie.
5. Als Träger der Feuchtigkeit tritt die Abluft auf, und hier ist auf die hohe Sättigung zu achten, da sonst große Wärmeverluste auftreten. Die Trockentemperaturen betragen bei weißen Holzpappen 60···80 °C, bei Lederpappen 95 bis 110 °C. Ein m^3 Luft trägt bei voller Sättigung: bei 10 °C = 9 g Wasser, bei 20 °C = 17 g Wasser, bei 30 °C = 30 g Wasser, bei 40 °C = 50 g Wasser, bei 50 °C = 86 g Wasser, bei 60 °C = 129 g Wasser, bei 70 °C = 197 g Wasser, bei 80 °C = 291 g Wasser, bei 90 °C = 420 g Wasser. Diese Zahlen zeigen deutlich, daß eine Kanaltrocknung wirtschaftlich nur mit hohen Austrittstemperaturen und entsprechend hoher Sättigung gefahren werden kann.
6. Die Montage einer Bodenbeheizung, um im Trockenprozeß vertikal gleiche Temperaturen zu haben, ist von wesentlichem Einfluß auf die Trockenleistung und auf die Güte des Trockengutes.
7. Die Absaugung der Luft soll grundsätzlich am Boden erfolgen, und zwar durch 50 cm breite Kanäle, die sich über die ganze Kanallänge erstrecken und mit

schmalen Zementplatten abgedeckt sind. Durch das Aufklappen einzelner Zementplatten kann überall an den jeweils erforderlichen Stellen Abluft mit voller Sättigung abgesaugt werden.

8. Die Heizdampfmenge ist laufend durch einen Dampfmesser zu überwachen und der Dampfverbrauch für 1 kg Wasserverdampfung zu bestimmen, da erst dadurch ein Rückschluß auf die Fertigung der Naßerzeugung möglich ist. Bei 1 at Heizdampf mit 170 °C (Anzapf- oder Abdampf) soll der Dampfverbrauch nicht höher als 1,60···1,85 kg für 1 kg Wasserverdunstung sein, entsprechend einem thermischen Wirkungsgrad von 83,5···70,5 %.

10.5.1.3. Flachbahntrockner

Die neuere und auch am meisten verbreitete Entwicklung auf dem Gebiet des Trocknerbaues ist der Flachbahn- oder Rollbahntrockner. Dieser hat insofern große Vorteile, als die Pappen durch die Lage auf dem Transportband gleichmäßig durchgetrocknet werden und nach dem Trocknen fast absolut flach liegen. Diese Trockner werden meist als Strahlungstrockner mit Umluftführung gebaut. Sie haben sich besonders bei der Trocknung von Fein- und Hartpappen bewährt. Allerdings ist es notwendig, diese Trocknerbauart mit höheren Dampfdrücken zu beheizen. Das hat seine Ursache vor allem darin, daß die Heizfläche kleiner ist als bei anderen Trocknern. Weiterhin ist die im Trockner befindliche Pappenmenge geringer als beispielsweise beim Hängetrockner. Der Dampfverbrauch beträgt bis zu 3 kg/kg Wasserverdampfung. Die Pappen werden im Gegensatz zum Hängetrockner auf ein Siebband aufgelegt und so durch den Trockner geführt. Dabei hat das Trockenmedium die Möglichkeit, die Pappe von beiden Seiten gleichmäßig zu bestreichen. Außerdem besteht bei diesen Trocknern der Vorteil, daß der gewünschte Endtrockengehalt eingestellt werden kann und so keine Wiederbefeuchtung der Pappen erfolgen muß. Neueste Trockner dieser Bauart werden mit Düsenbelüftung gebaut, wie im Prinzip in nachstehendem Bild gezeigt wird (Bild 222).

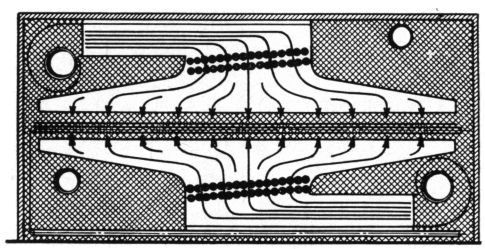


Bild 222. Schema der Düsenbelüftung

Tabelle 47. Leistungsangaben über den Spezial-Düsen-Flachbahntrockner, Bauart Dornier, gültig für Graupappe

Trockenleistung Masse in g/m²	Wasserverdampfung in kg/h	Pappenausstoß in t/d	Bandgeschwindigkeit in m/min
500	425	9,8	5,7
1000	365	8,3	2,4
1500	310	7,1	1,35

Für den Dornier-Spezial-Flachbahn-Düsentrockner werden z. B. folgende Angaben gemacht: Trockengut Graupappe 40 °SR, Einlauftrockengehalt 45 %, Endtrockengehalt 92 %, Beheizung mit Sattdampf von 6 at, wobei in der eigentlichen Trockenkammer eine Temperatur von etwa 150 °C erreicht wird. Für die Be- und Entlüftung werden innerhalb des Trockenfeldes Lüfter eingesetzt.

10.6. Kontinuierliche Pappenerzeugung

Die Entwicklung der Automatikabnahmewalze, wie sie unter Ziffer 10.2.1.1. beschrieben wurde, hat eine wesentliche Voraussetzung dafür geschaffen, daß die körperlich schwere Arbeit bei der Herstellung von Wickelpappen beseitigt und wesentliche Verbesserungen in der Wirtschaftlichkeit erzielt werden können. Dadurch ist es möglich geworden, hinter die Pappenmaschine eine im gleichen Takt wie die Maschine arbeitende Presse zu setzen und hinter diese wiederum den Trockner. Das bedeutet, daß die von der Maschine kommende Pappe frühestens beim Verlassen des Trockners in die Hand genommen wird. Damit kann eine umfangreiche Mechanisierung und sogar Automatisierung durchgeführt werden. Der von der Automatikabnahmewalze abgegebene Pappenbogen wird auf einem Steuertisch, der aus einem endlosen Filz besteht, abgelegt und von diesem einer Walzenpresse zugeführt. Diese Presse arbeitet mit einem Liniendruck von 40 kp/cm. Die Geschwindigkeit des Transportfilzes im Steuertisch ist regelbar, so daß die Pappe mit entsprechender Geschwindigkeit durch die Presse hindurchlaufen kann. Die ausgepreßte Pappe läuft dann kontinuierlich einem Bandtrockner zu. Der Trockengehalt nach der Walzenpresse beträgt etwa 40 %. Am Ende des Bandtrockners befindet sich eine Längsschneidevorrichtung, auf der die Pappen geteilt und beschnitten werden können. Diese Anlage ist bei einer Arbeitsgeschwindigkeit von 70 m/min in der Lage, eine Tagesleistung von 10···12 t und bei 90 m/min eine solche von 15···16 t zu erreichen [110]. Für die Bedienung der gesamten Anlage von der Pappenmaschine bis einschließlich Trockner wird eine Arbeitskraft je Schicht benötigt.

Die erreichbaren Trockengehalte werden wie folgt angegeben [111]:

bei Graupappen

hinter der Automatik-Walze	28···32 %
hinter der Walzenpresse	38···42 %
hinter der Einbogenpresse	45···55 %

bei Braunschliff

hinter der Automatik-Walze	27···30 %
hinter der Walzenpresse	36···40 %

bei Weißschliffpappe

hinter der Automatik-Walze	27···30 %
hinter der Walzenpresse	36···44 %
hinter der Einbogenpresse	45···50 %

Ein weiterer Vorteil automatisch gefertigter Pappen liegt darin, daß

1. nur Bogen mit mehr oder weniger gleichmäßiger Stärke anfallen, was sich einmal auf die Qualität der Trocknung und nicht zuletzt auf die Vereinfachung der Sortierung auswirkt,
2. der Feuchtigkeitsgehalt der einzelnen Bogen demzufolge ebenfalls stets gleich ist,
3. die Beschickung des Trockners stets gleichmäßig erfolgt.

Eine andere Anordnung ist die im Bild 223 dargestellte. Die Rundsiebpappenmaschine ist ebenfalls mit einer Automatikabnahmewalze ausgerüstet. Von dieser wird der abgestoßene Bogen auf einen Pressentisch abgezogen und läuft anschließend auf einem

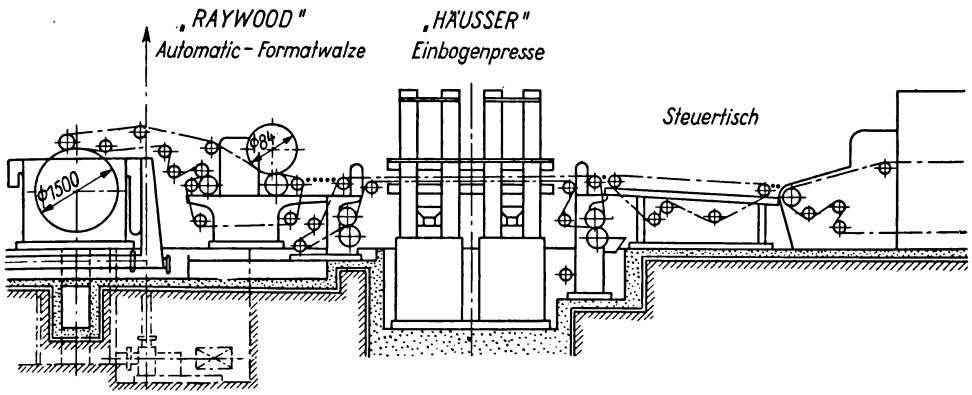


Bild 223. Kontinuierliche Pappenanlage mit Einbogenpresse

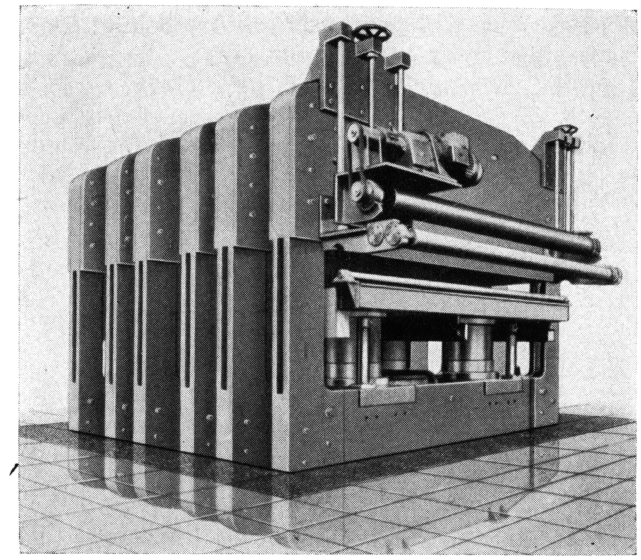


Bild 224. Einbogenpresse

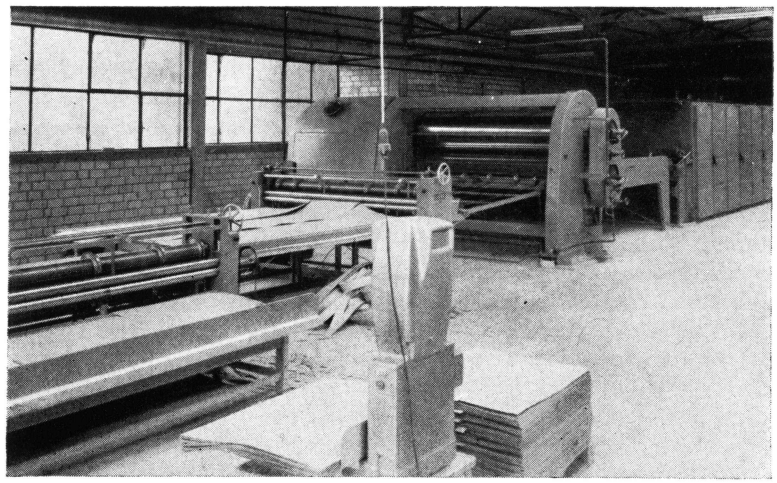


Bild 225. Schlußgruppe einer kontinuierlichen Wickelpappenanlage

endlosen Filz in eine Einbogenpresse (Bild 224), auf der die Pappen auf einen Trockengehalt von etwa 50 % entwässert werden. Nach Abschluß des Preßvorganges wird der Bogen auf dem durch die Presse hindurchlaufenden Filzband ausgefahren und an einen Steuertisch übergeben, von dem er an den Bandtrockner abgegeben wird. Diesem schaltet man bei modernen Anlagen ein maschinenbreites Glättwerk und diesem eine Längs- und Querschneidevorrichtung nach, wie aus Bild 225 zu ersehen ist. Die gesamte Anlage arbeitet nach einer Programmsteuerung. Mit dem Abstoßen des Pappenbogens von der Formatwalze werden die nachfolgenden Arbeitsgänge automatisch eingeleitet. Die Arbeitsgeschwindigkeit liegt zwischen 20 und 85 m/min. Als Bedienung wird je Schicht eine Arbeitskraft benötigt. Mit der geschilderten Anlage werden Holzpappen erzeugt.

11. Ausrüstung des Kartons und der Pappen

11.1. Ausrüstung des Kartons

11.1.1. Querschneider

Die verschiedenen Kartonsorten, die zur Herstellung von Verpackungsmitteln aller Art verwendet werden, benötigt die weiterverarbeitende Industrie meistens in Formaten. Deshalb muß der von der Kartonmaschine erzeugte Karton in die von dem Verbraucher gewünschten Formate geschnitten werden. Zu diesem Zweck schaltet man den Kartonmaschinen einen Querschneider nach, der den Karton entweder direkt aus der Maschine heraus oder außerhalb der Maschine schneidet. Im ersten Fall läuft der Karton nach dem Glättwerk zunächst über eine Zugpresse und danach in den Querschneider, wobei der Antrieb des Querschneiders in die Gleichlaufregelung der Kartonmaschine einbezogen wird.
Die Aufgabe des Querschneiders besteht aber nicht nur darin, die Bogen auf eine bestimmte Länge, sondern gleichzeitig auch auf eine bestimmte Breite zu schneiden. Zu diesem Zweck ist die Maschine mit Längs- und Querschneideeinrichtung ausgerüstet. Bild 226 zeigt das Arbeitsschema eines rotierenden Doppelquerschneiders. Die Kartonbahn, die entweder direkt aus der Kartonmaschine kommt oder von einem Tambour abgezogen wird, der auf dem Abrollgestell eingehängt ist, wird durch ein Zugwalzenpaar (2) über die Leitwalze (3) zunächst durch den Längsschneider (4) geführt, auf dem die Bahn geteilt wird. Die Zuführpresse (5) führt die Bahnen in die Querschneidevorrichtungen, die aus der Messerwalze (6) und dem Stockmesser (7) bestehen. Zwischen den Führungsbändern (8) wird der geschnittene Karton der Stapelvorrichtung zugeführt. Der Antrieb des Querschneiders erfolgt durch regelbare Übersetzungsgetriebe (10) und die Hauptwelle (9). Die Formateinstellung in bezug auf die Bogenlänge erfolgt durch stufenlos regelbare Getriebe. Die Länge des Bogens ergibt sich aus der Zuführungsgeschwindigkeit der Kartonbahn und der Umdrehungszahl der Messerwalzen, die über den Getrieben eingestellt wird. Der rotierende Doppelquerschneider bietet deshalb die Möglichkeit, gleichzeitig zwei Formate mit verschiedenen Längen zu schneiden.

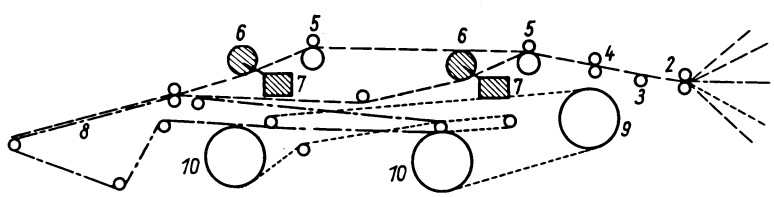


Bild 226. Arbeitsprinzip eines rotierenden Doppelquerschneiders

Der von dem VEB Erste Maschinenfabrik Karl-Marx-Stadt gebaute Kartonquerschneider hat nachstehende technische Daten:

Masse je Flächeneinheit 200···800 g/m²,

Einzugsgeschwindigkeit 10 m/min,

Antrieb 25 kW,

Messerbelastung gesamt bis 2000 g/m²,

Geschwindigkeit 20···220 m/min.

Die Ablage der geschnittenen Formate erfolgt über einen Steigbogenableger. Die Ablage bei modernen Querschneidern arbeitet automatisch. Bei diesen Ablegern gelangen die geschnittenen Bogen zunächst auf eine Bänderführung und werden am Ende derselben durch Ausstoßrollen auf die Ablegepritschen gefördert. Die durch die Ausstoßrollen erteilte Beschleunigung reicht aus, um die Bogen einwandfrei auf die Ablagepritsche zu bringen. Es gibt zwei Arten von Ablegern, und zwar den Senktisch- und den Steigbogenableger. Bei Verwendung des Senktischablegers werden die Ablegepritschen mit zunehmender Stapelhöhe gesenkt. Dagegen bleiben die Pritschen bei dem Steigbogenableger auf dem Fußboden stehen, und die Ablegebänder werden mit zunehmender Stapelhöhe automatisch angehoben. Die zuletzt geschilderte Form des Ablegens hat sich als die zweckmäßigste erwiesen und wird deshalb an allen neueren Querschneidern verwendet.
Um bei den hohen Geschwindigkeiten ein Aufflattern der Bogen durch den eintretenden Luftwiderstand zu verhindern, hat man durch Überlappung eine Herabsetzung der Ablegegeschwindigkeit herbeigeführt. Der Überlappungsableger besteht aus zwei Transportbändern, die gegeneinander Gefälle aufweisen, und zwar so, daß die vom ersten Band kommenden Bogen auf das zweite fallen und dort auf eine Geschwindigkeit abgebremst werden, die der Hälfte der Geschwindigkeit des ersten Transportbandes entspricht. Dadurch tritt ein Übereinanderschieben der Bogen ein, das gleichbedeutend mit der Herabsetzung der Ablegegeschwindigkeit ist.

11.1.2. Rollenschneidmaschine

Außer den verschiedenen Formaten werden für die Herstellung von Faltschachteln auf Automaten heute in nicht unerheblicher Menge Rollen benötigt. Die auf der Kartonmaschine hergestellten Rollen entsprechen weder in ihrer Breite noch in ihrem Zustand den Anforderungen, die von den Verarbeitern gestellt werden. Die auf dem Poperoller aufgewickelten Rollen enthalten noch Einrisse und sind auch nicht klanghart gewickelt. Um den Forderungen des Verarbeiters gerecht zu werden, wird der Karton auf der Rollenschneidmaschine umgerollt, die gewünschten Rollenbreiten hergestellt und klangharte, fehlerfreie Rollen gewickelt. Im Bild 227 ist eine Rollenschneidmaschine des VEB Erste Maschinenfabrik Karl-Marx-Stadt gezeigt, die speziell zum Umrollen von Karton gebaut wird. Es handelt sich hierbei um einen Doppeltragwalzenroller, der für Massen bis zu 650 g/m² und Geschwindigkeiten von 400 m/min ausgelegt ist. Die möglichen Rollenbreiten liegen zwischen 300···1000 mm. Es können Rollen bis zu einem Durchmesser von 1000 mm gewickelt werden. Die Einzugsgeschwindigkeit beträgt 10 m/min und der Energiebedarf beim Einziehen etwa 5,0 kW. Der Antrieb ist für einen Regelbereich von 80···400 m/min, also im

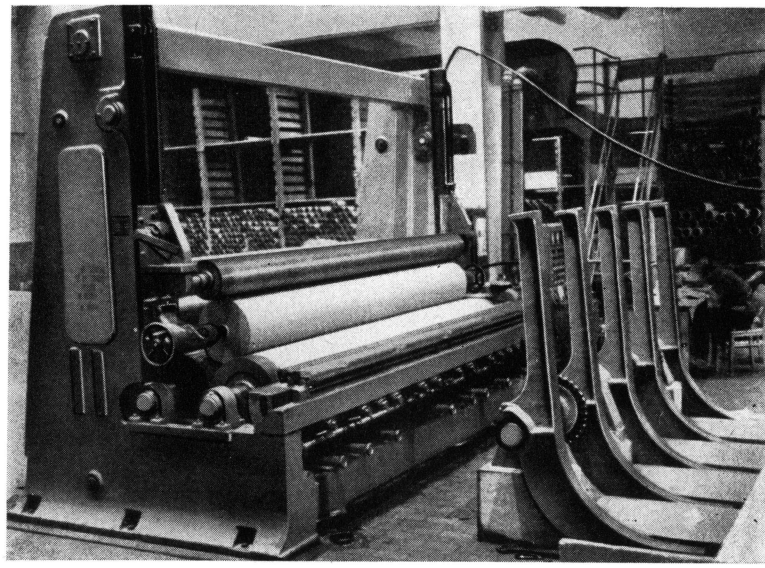


Bild 227. Rollenschneidmaschine für Karton

Verhältnis 1:5 ausgelegt. Der Gesamtenergiebedarf der Rollenschneidmaschine beträgt 65 kW. Die von der Kartonmaschine kommenden maschinenbreiten Tamboure werden in die Abrollböcke eingehängt. Die Kartonbahn wird über die Messerwalze, auf der die Tellermesser für den Längsschnitt eingestellt sind, über die vordere Tragwalze auf die Hülsen aufgeführt. Die Papphülsen liegen in der Vertiefung zwischen den beiden Tragwalzen, über die der Antrieb erfolgt. Das Gegengewicht zur Kartonrolle wird durch die Belastungswalze gebildet, die in ebenfalls mit Gegengewichten ausgerüsteten Schiebelagern geführt wird, die beim Zunehmen des Rollendurchmessers ausgleichend wirken. Die Herausnahme der fertigen Rolle erfolgt durch die Rollenausstoßvorrichtung, die von hinten gegen die Rolle drückt.

11.1.3. Rollenpackmaschine

Das Einpacken des Rollenkartons erfolgt auf einer speziell hierfür gebauten Rollenpackmaschine (Bild 228). Statt der früher verwendeten Brettverpackung, die zusätzlich eine Verschnürung mit Bandeisen erforderte, erhalten die Rollen heute einen festen Papierumschlag. Dieser Umschlag besteht aus mehreren Papierlagen, die um die Rolle gewickelt werden, oder auch aus Papierlagen, die mit Wasserglas bestrichen sind. Auf diese Weise erhält man eine absolut feste und sichere und außerdem wasserbeständige Verpackung, die schlecht brennbar ist, die Rollen vollkommen schützt und als Panzerpackung bekannt ist. Wie aus dem Bild zu erkennen ist, besteht die Rollenpackmaschine aus einem Gestell, das zur Aufnahme der Packpapierollen dient, einer Leimvorrichtung, die ein- und ausschaltbar ist und der das Klebemittel durch eine Pumpe zugeführt wird, sowie zwei Tragwalzen und einer Rollenausstoßvorrichtung. Hinzu kommen zwei hydraulisch betätigte, heizbare Preßplatten zum Anpressen

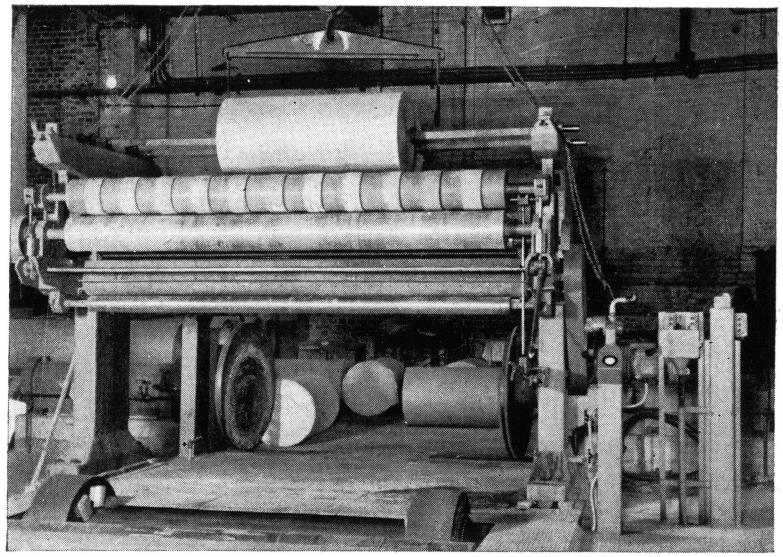


Bild 228. Rollenpackmaschine

des Stirnseitenschutzes. Das Verpacken der Rollen geschieht in dieser Maschine folgendermaßen: Das Packpapier wird so weit vorgezogen, daß es auf den Tragwalzen aufliegt. Auf dieses wird dann die zu verpackende Rolle aufgelegt, die Spitze der Papierumhüllung nach oben gezogen und der Tragwalzenantrieb eingeschaltet. Dabei kann gleichzeitig die Leimvorrichtung oder Wasserglas-Auftragsvorrichtung zugeschaltet werden. Um die Verpackung vor der Verarbeitung aufreißen zu können, ist die Einlage eines Drahtes am Anfang der Umhüllung zweckmäßig. Je nach Notwendigkeit werden auf die Rolle drei bis acht Lagen aufgewickelt, bei Exportverpackung für Übersee sogar bis zu 15 Lagen. Kurz vor Beendigung der Verpackung wird die Leimvorrichtung abgeschaltet und dann auch die Tragwalzen abgestellt. Nach dem Abschneiden der Packpapierbahn läßt man die Tragwalzen kurz anlaufen, um die restliche Umhüllung zu verleimen. Die überstehenden Papierkanten werden nunmehr auf den Stirnseiten, die meist noch durch eingelegte Papierscheiben geschützt werden, eingefaltet und anschließend die Rolle von den Tragwalzen ausgestoßen. Die ausgestoßene Rolle rollt auf einer schiefen Ebene zu den bereits erwähnten Preßplatten. Auf die eingefalteten Stirnseiten werden vorgeleimte Papierscheiben aufgelegt und die Preßplatten von beiden Seiten dagegengestellt. Durch die Warmpressung entsteht binnen kürzester Zeit eine ausreichende Verbindung. Die hier geschilderte Rollenpackmaschine ist geeignet, bis zu 100 t in 8 Stunden zu verpacken. Der Energiebedarf beträgt etwa 7 kW, wovon etwa 4 kW für den Antrieb der Maschine und 3 kW für die Preßplattenheizung benötigt werden.

11.1.4. Formatverpackung

Die Verpackung des Kartons und der Pappen erfolgt entsprechend den in den TGL festgelegten Bestimmungen. In diesen Bestimmungen ist für jede Sorte die geforderte

Verpackungsart festgelegt. Zu den Verpackungsarten gehören das Abpacken zu Paketen von 25 oder 50 kg und das Verschnüren mit Bindfaden, das Verpacken mit Papierumhüllung und die Palettenverpackung. Bei der Bündelverpackung verfährt man so, daß Pakete zu 25 oder 50 kg abgewogen, mit Bindfaden verschnürt und dann auf Paletten abgesetzt werden. Die Verpackung mit einer Papierumhüllung erfolgt besonders bei hochwertigen Kartonsorten, z. B. Chromoersatzkarton. Eine heute bereits in großem Umfang angewendete Verpackungsart ist die Palettenverpackung. Diese Verpackungsart hat den großen Vorteil, daß ein mehrfaches In-die-Hand-nehmen der einzelnen Pakete in Wegfall kommt. Außerdem läßt sich dadurch auch der unmittelbare Transport vom Erzeuger zum Verbraucher organisieren. Ein weiterer Vorteil ist die Einsparung von Verpackungsmaterial. Aus diesem Grunde wurde auch im Industriezweig der Palettenverkehr eingeführt. Hierzu verwendet man die sogenannte Flachpalette, die als Zwei- und auch als Vierwegepalette verwendet wird. Auf diese Palette werden die Formate, entweder zu 25 oder 50 kg abgewogen oder als ganze Stapel, aufgesetzt, wobei Ladeeinheiten bis zu 1000 kg zusammengestellt werden können. Um ein Verschieben des Gutes auf der Palette oder ein Abrutschen zu verhindern, erfolgt eine Befestigung mittels zweier Bandeisenschlingen. Diese Ladeeinheiten können bequem mit modernen Flurfördergeräten, also Gabelstaplern, Gabelhubwagen usw., innerhalb des Betriebes befördert, ordnungsgemäß abgesetzt und auch raumsparend und übersichtlich untergebracht werden. Das gleiche gilt auch für die Verladung, die mit Hilfe der gleichen Geräte erfolgen kann. Auf diese Weise lassen sich die Verladezeiten beim Hersteller wesentlich abkürzen.

11.2. Ausrüstung der Wickelpappen

Während das Ausrüsten und Verpacken von Karton und Maschinenpappen heute bereits wesentlich vereinfacht ist, ist dieser Arbeitsgang bei Wickelpappen noch bedeutend komplizierter und damit auch aufwendiger. Entgegen den bei Karton und Maschinenpappen üblichen Formen der Ausrüstung müssen hier noch Arbeitsgänge zwischengeschaltet werden, die sich einfach aus der Technologie der Fertigung ergeben und sich bisher nicht völlig umgehen lassen. Wenn die Trocknung der Wickelpappen noch in älteren Hängetrocknern erfolgt, machen sich Arbeitsgänge notwendig, die sich belastend auf die Selbstkosten des Produktes auswirken. Diese fallen bei kontinuierlich arbeitenden Erzeugungsanlagen bis zum gewissen Grade weg.

11.2.1. Schälen der Pappen

Die aus Trocknungskammern und älteren Hängetrocknern kommenden Pappen liegen nicht in Form von einzelnen Bogen vor. Das hat seine Ursache darin, daß man die Pappen je nach Dicke nicht einzeln in die Klammern hängt, sondern stets mehrere Bogen zusammen. Da die Bogen so, wie sie die Presse verlassen haben, sehr gut zusammenkleben und dieser Zustand auch nach dem Trocknen noch herrscht, muß eine Trennung der einzelnen Bogen erfolgen. Diesen Arbeitsgang bezeichnet man in der Fachsprache mit „Schälen". Dabei werden die einzelnen Bogen in der Art voneinander getrennt, daß man durch kurzes Hin- und Herbiegen an einer Ecke ein Aufplatzen erzielt und dann von hier aus die flache Hand zwischen die zu trennenden Bogen nach unten schiebt. Auf diese Weise ist eine leichte Trennung möglich, die auch keine Schäden an den Pappen hervorruft.

11.2.2. Stapeln und Einschweren der Pappen

Wie bereits angedeutet wurde, werden alle nach den veralteten Trockenverfahren getrockneten Pappen mehr oder weniger krumm und manchmal zu hart an den Rändern. Diese Krümmungen sind Folgen der Schrumpfung, die bei diesen Trockenverfahren sehr ungleichmäßig verläuft. Um diese Krümmungen, Buckel, Wellen und auch Randkräuselungen so weit zu beseitigen, daß ein einwandfreies Glätten ohne Qualitätsminderung möglich ist, macht es sich notwendig, die Pappen vor dem Glätten zu stapeln und mit Brettern abzudecken und zu beschweren. Die Stapel werden in Höhen von 1,5···2,0 m gesetzt und in beschwertem Zustand etwa 2 bis 3 Tage stehengelassen. Diese Zeit reicht aus, um die Flachlage zu verbessern.
Dieser Arbeitsgang hat zusammen mit dem bereits unter 11.2.1. geschilderten einen sehr negativen Einfluß auf das Kostengefüge. Er verlangt einen hohen Aufwand an Menschenkraft, was sich dann auch auf die Lohnanteile des Produktes auswirkt. Die neuen Methoden der Trocknung schalten diese beiden Arbeitsgänge vollkommen aus, weil die Pappen die Trockenanlagen einzeln durchlaufen und sie vollkommen flachliegend verlassen, so daß sie in weiteren Arbeitsgängen direkt weiterbehandelt werden können.

11.2.3. Walzen und Glätten der Pappen

Aus der Technologie der Wickelpappenerzeugung, die bereits behandelt wurde, läßt sich klar erkennen, daß das Walzen und Glätten auch bei kontinuierlich arbeitenden Anlagen mit in den Arbeitsgang eingeschlossen werden muß. Die Pappen haben noch eine mehr oder weniger rauhe Oberfläche und liegen zum Teil auch nicht vollkommen flach. Außerdem weisen die Oberflächen noch viele Unebenheiten auf. Diese Pappen sind für eine Weiterverarbeitung ungeeignet. Wenn auch Pappen, die auf modernen Trocknern getrocknet wurden, gut flachliegen, so ist die rauhe Oberfläche auch bei ihnen vorhanden. Deshalb ist zumindest ein Glätten notwendig. Das geschieht auf eigens hierzu gebauten Spezialglättwerken.
Dabei gilt es aber, einige grundsätzliche Vorgänge zu beachten. Es kommt beim Glätten darauf an, daß ein absolutes Flachliegen der Pappen und eine geschlossene und gut verarbeitbare Oberfläche geschaffen wird.

11.2.3.1. Theorie des Glättens

Die Oberfläche eines Karton- oder Pappenerzeugnisses erscheint um so rauher, je weniger Teilchen auf der Oberfläche in einer Ebene liegen. Das bedeutet, daß die vorhandenen Unebenheiten bei der Weiterverarbeitung störend wirken. Das ist ganz speziell bei Fein- und Hartpappen der Fall. Demgegenüber erscheint aber die Oberfläche um so geschlossener und damit auch glatter, je mehr Teilchen sich in einer Ebene befinden. Es kommt deshalb darauf an, die in der Oberfläche enthaltenen Faser- und Füllstoffteilchen in mehr oder weniger starkem Maße in eine Ebene zu bringen. Dieses Mehr oder Weniger hängt von den Qualitätsansprüchen ab, die an die Oberfläche des Erzeugnisses gestellt werden. Je stärker eine Oberflächenverbesserung durchgeführt wird, um so höher wird die Glätte. Es genügt dabei nicht, daß das trockene Erzeugnis zwischen Gegenständen mit glatter Oberfläche behandelt wird. Das liegt darin begründet, daß das Faser- und Füllstoffgefüge eine gewisse Elastizität

aufweist und dadurch die an der Oberfläche befindlichen Teilchen das Bestreben haben, nach Aufhebung der Pressung wieder in ihre alte Lage zurückzukehren. Deshalb ist es notwendig, das Gefüge vor dem eigentlichen Glättprozeß bildsam und plastisch zu machen. Das geschieht durch eine Befeuchtung vor dem Glätten. Beim Pressen verändert sich das feuchte Gefüge, die Lage der einzelnen Teilchen zueinander. Dabei kommen die an der Oberfläche befindlichen Teilchen mehr oder minder in eine Ebene zu liegen und behalten diese Lage auch nach Aufhebung der Pressung bei, so daß eine Glätte entsteht. Durch den Glättvorgang, der unter Druck erfolgt, wird aber das Gefüge dünner, gleichmäßiger und dichter. Außerdem tritt eine gewisse Flächenvergrößerung ein. Je nach der Pressung verändert sich die Dicke durchschnittlich um 8···20 % und sogar bei 30 % und darüber [112]. Die Länge wird durchschnittlich um 0,5 % und die Breite um 0,2 % vergrößert. Dementsprechend verändert sich auch die Masse je Flächeneinheit etwas.
Die Friktionsglätte, auch Reibungsglätte genannt, beruht darauf, daß die hochpolierte Oberwalze mit größerer Geschwindigkeit auf der langsamlaufenden Unterwalze gleitet. Dabei tritt eine größere Glättwirkung nur auf der Oberseite ein. Beim Friktionieren hat die Feuchtigkeit einen besonderen Einfluß, weil besonders bei Hartpappen nur so die genügende Geschmeidigkeit erreicht wird. Außerdem stehen die Belastungs- und die Relativgeschwindigkeit der Walzen in einem gewissen Zusammenhang. Im allgemeinen gilt folgendes: Geringe Belastung und hohe Relativgeschwindigkeit ergeben die gleichen Effekte wie hohe Belastung und geringe Relativgeschwindigkeit. Je höher die Relativgeschwindigkeit bei geringem Druck ist, desto glänzender, aber auch dickgriffiger wird das Erzeugnis [112].

11.2.3.2. Feuchten der Pappen

Das Feuchten der Pappen macht sich nur dort erforderlich, wo noch mit Trocknungskammern oder Hängetrocknern gearbeitet wird, weil bei diesen die Pappen meist zu trocken sind. Bei modernen Flachbahntrocknern entfällt dieser Arbeitsgang, weil dort der Feuchtigkeitsgehalt reguliert werden kann. Zum Feuchten der Pappen verwendet man eine eigens hierzu gebaute Feuchtmaschine. Die Pappen werden mittels Bänder- oder Schnurführung unter mehreren Düsen, die eine sehr feine Wasserverteilung schaffen, oder unter einer Feuchtbürste hindurchgeführt und dabei mehr oder weniger stark beregnet. Die gefeuchteten Pappen müssen dann nochmals mehrere Tage gestapelt und eingeschwert gelagert werden, damit ein gleichmäßiges Durchziehen der Feuchtigkeit erfolgt. Auch dieser Arbeitsgang belastet die Kosten des Produktes.

11.2.3.3. Glättwerk

Die entsprechend vorbereiteten Pappen werden nunmehr auf dem Pappenglättwerk dem eigentlichen Glättprozeß unterzogen. Dabei geht es darum, einmal das absolute Flachliegen der Pappen zu erreichen und ihnen andererseits eine geringere oder höhere Glätte der Oberfläche zu erteilen. Der Grad der Glätte ist vom Verwendungszweck der Pappen abhängig, wobei man bei solchen Pappen, die zur Herstellung von Versandkartonagen verwendet werden, keinen großen Wert auf eine hohe und besondere Glätte legt, weil durch eine zu hohe Glätte das Halten und Tragen der Kartons erschwert wird. Aus diesem Grunde werden solche Pappen möglichst „griffig“

gearbeitet, d. h., daß diese Pappen möglichst keinem Glättprozeß unterzogen, sondern nur mit leichtem Druck bei möglichst hohem Trockengehalt egalisiert werden sollen.
Anders ist das dagegen bei den Fein- und Hartpappen, zu denen eine große Anzahl verschiedenster Qualitäten gehört, an die in jedem Falle mehr oder weniger hohe Glätteforderungen gestellt werden. Auch die Buchbinder- und Ziehpappen gehören dazu.
Die Pappenglättwerke bestehen im Gegensatz zu den Papierkalandern nur aus zwei hochglanzpolierten Hartgußwalzen. Diese Hartgußwalzen sind in zwei schweren Stuhlungen gelagert. Die Oberwalze, über die auch der Antrieb erfolgt, ist festgelagert. Auf dem einen Antriebszapfen sitzt ein Stirnrad, das in das der Unterwalze eingreift und diese antreibt. Die Unterwalze ruht in Schiebelagern, damit eine Einstellung des Walzendruckes erfolgen kann. Entgegen der veralteten Spindelanpressung verwendet man heute eine sehr elastische und feinfühlige hydraulische oder auch pneumatische Anpressung. Um die Menschen, die das Glättwerk bedienen, vor Schäden zu schützen, befindet sich am Einlauf zwischen den beiden Hartgußwalzen eine Sicherheitswalze oder ein Balken, so daß ein Hineinkommen mit den Händen verhindert wird. Der Walzendruck ist unterschiedlich und richtet sich nach der Pappensorte und -qualität. Während bei gewöhnlichen Pappen Walzendrücke von 10···12 Mp angewendet werden, geht man bei besseren Pappen auf 50 Mp und hat bei modernen Glättwerken Walzendrücke bis zu 400 Mp. Das Sauberhalten der Walzenoberflächen erfolgt durch Stahlschaber, die an jeder Walze angebracht sind. Auf der Einführseite des Glättwerkes befindet sich ein Anlegetisch, von dem aus die Pappen eingeführt werden. An der Auslaufseite ordnet man zweckmäßig einen schrägstehenden Ablegetisch an, auf den die Pappen beim Auslauf aus den Walzen fallen. Eine andere Möglichkeit ist das Abführen mit einer Bänderführung direkt zum Sortieren. Näheres hierzu siehe unter Ziffer 11.2.4. Wird sehr hohe Glätte verlangt, so werden die Walzen beheizt. Darüber hinaus ist es außerdem möglich, mit einer Friktion zu arbeiten. In diesem Falle läßt man die Oberwalze mit einer entsprechenden Voreilung laufen. Der Antrieb der Unterwalze erfolgt über ein Stirnrad von der Oberwalze. Dabei ist besonders darauf zu achten, daß die Zahnräder absolut spielfrei arbeiten, weil andernfalls ein unruhiger Lauf der Walzen eintritt, was dazu führt, daß die Pappen querstreifig werden. Das tritt besonders bei Hartpappen mit großer Dicke auf, wenn mit einem hohen Druck und mit Friktion gearbeitet wird. Um die Voreilung der Oberwalze zu erreichen, ist es erforderlich, in der Zahnradübersetzung das entsprechende Verhältnis der Zähnezahlen zu wählen. Die Voreilung wird verschieden hoch gewählt und beträgt in der Praxis 10···50 %. Dabei ist zu beachten, daß die Wirkung um so besser ist, je kleiner der Walzendurchmesser gewählt wird, da der spezifische Linien-Druck in diesem Falle höher ist [113].

11.2.3.4. Stein- oder Achatglätte

Diese Art des Glättens findet man nur noch sehr selten. Sie wird noch vereinzelt in Preßspanfabriken zur Erreichung einer besonders hohen Glätte angewendet. Der Hochglanz wird durch ein hin- und herschwingendes Gestänge, in dem ein hochpolierter Achatstein befestigt ist und das über die gesamte Breite der Pappe bewegt wird, erreicht. Dabei drückt der Stein auf die Pappe, die auf einer hochpolierten Stahlschiene aufliegt. Die Zuführung erfolgt auf einem Walzentisch, der mit einem Vor-

schub von 0,8 m/min arbeitet. Als Glättmittel verwendet man oft eine Spezialseife, die vor dem Stein als feines Pulver auf die Pappe aufgetragen wird. Durch diese Behandlung erreicht man eine besonders hohe Glätte und Geschlossenheit der Oberfläche.

11.2.4. Sortieren der Pappen

Ein weiterer Arbeitsgang, der die Wirtschaftlichkeit der Herstellung der Wickelpappe beeinflußt, ist die Sortierung. Auch bei gewissenhaftester und sehr sorgfältiger Abnahme von der Formatwalze läßt es sich bei Wickelpappen nicht vollkommen vermeiden, daß Unterschiede in der Masse und in der Dicke auftreten. Diese Schwankungen müssen selbstverständlich in sehr engen Grenzen gehalten werden. Sie beruhen aber, besonders bei solchen Sorten, die auf Rundsiebmaschinen aus Altpapieren gearbeitet werden, auf Schwankungen, die bereits im Rohstoff bedingt sind. Es läßt sich einfach nicht vermeiden, daß die Altpapiere, die aus einem Gemisch vieler Sorten und Stoffzusammensetzungen bestehen, auch unterschiedlich eingetragen werden. Dazu kommt, daß die Altpapiersorten auch noch Unterschiede im Aufbereitungszustand aufweisen, die sich ebenfalls nicht ausgleichen lassen. Diese Schwankungen wirken sich dann auch auf das Endprodukt aus. Hinzu kommen bei älteren Anlagen noch die der Technologie anhaftenden Mängel, die sich dadurch bemerkbar machen, daß die Stoffkonsistenz, angefangen vom Ableeren der Holländer über die Maschinenbütte bis zur Stoffverdünnung, Schwankungen unterworfen ist, die auch bei gewissenhaftester Arbeit der die Maschinen bedienenden Menschen nicht voll ausgeschaltet werden können. Eine wesentliche Verbesserung erreicht man allerdings bei modernen Anlagen, die mit kontinuierlicher Stoffaufbereitung und Stoffdichteregelung arbeiten. Trotzdem lassen sich die rohstoffbedingten Einflüsse auch hier nicht vollkommen ausschalten. Durch diese Schwankungen treten auch solche in der Elementarlagenmasse und in der Dicke auf, die sich letztlich auf das Gesamtprodukt auswirken. Auch die Abnahme an der Formatwalze selbst bringt Fehler mit sich, die darin liegen, daß bei Erreichen der Solldicke nicht sofort abgenommen wird. Aus all diesen Gründen ist es notwendig, die Wickelpappen zu sortieren. Es soll hier nicht mehr über die Methoden geschrieben werden, die heute nur noch selten angewendet werden, nämlich die Einzelwägung mit der Quadrantenwaage oder die Einzelmessung mit dem Dickenmesser.

Auch in älteren Erzeugungsanlagen ist man dazu übergegangen, die Messung oder Wägung und damit auch die Sortierung direkt mit dem Arbeitsgang des Glättens zu verbinden. In diesem Falle arbeitet man so, daß man dem Pappenglättwerk eine Bänderführung, ähnlich der des Querschneiders, nachschaltet und auf dieser die aus der Walze kommenden Pappen einer Wägevorrichtung zuführt. Die Pappen werden von der Bänderführung auf den Wägetisch abgelegt. Die von der Waage angezeigte Masse wird auf einer Skala sichtbar gemacht, die an der Wägevorrichtung stehende Sortiererin nimmt die Bogen ab und ordnet sie dem entsprechenden Stapel zu. Durch diese Form tritt eine bedeutende Vereinfachung ein, weil kostensteigernde Zwischentransporte wegfallen und zwei Arbeitsgänge zu einem vereinigt werden.

Eine andere Form der Wickelpappensortierung ist die nach dem Volumen. In diesem Falle ordnet man bei älteren Glättwerken, bei denen noch die Unterwalze angetrieben ist, über der oberen Glättwerkswalze einen Dickenmesser an, so daß beim Walzen der Pappen ebenfalls die Dicke sofort abgelesen und eine Sortierung unmittelbar am

Glättwerk erfolgen kann. Eine andere Form ist die Anordnung eines Mikrometers direkt hinter der Walze, und zwar im Verlauf der Abführung der Pappe auf die Bandführung. In diesem Falle muß unter dem Meßtaster eine Gegenrolle angebracht werden, damit eine einwandfreie Messung erfolgen kann. Die Anzeige erfolgt dann auch unmittelbar für den an dem Glättwerk stehenden Sortierer, der die Pappen den einzelnen Stapeln zuordnet. Die Ablage der sortierten Pappen erfolgt zweckmäßig sofort auf Paletten, die mittels Gabelstaplers oder Gabelhubwagens weiterbefördert werden können. Alle diese Methoden sparen bedeutend Arbeitskraft, Zeitaufwand und Zwischentransporte ein und tragen zu einer bedeutenden Vereinfachung und Verbilligung bei.

11.2.5. Veredelung der Pappen

Eine Veredelung der Pappen kommt fast ausschließlich bei Hartpappen vor, die zur Herstellung von Koffern aller Art verwendet werden. Das heißt, daß eine Oberflächenveredelung erfolgt, die sich in zwei Phasen aufteilt, und zwar zunächst in eine Beschichtung mit farbigen Lacken und zum anderen in eine Prägung der Pappen, um damit gewisse Ledernarben zu imitieren oder Oberflächenstrukturen, z. B. Cordnarben und ähnliche, zu erhalten.

11.2.5.1. Lackieren der Pappen

Es wurde bereits erwähnt, daß die Pappen zur Verbesserung ihrer Oberflächenbeschaffenheit und ihres Aussehens einen farbigen oder farblosen Lacküberzug erhalten. Dabei kommt es darauf an, daß hierzu Lacke verwendet werden, die sich für diese Zwecke besonders eignen, d. h., die Lacke müssen einmal die Eigenschaft haben, gut auf der Pappe zu haften, andererseits ein gutes Deckvermögen haben und, was sehr wesentlich ist, sie dürfen beim Prägen der Pappen und bei der späteren Verarbeitung nicht reißen. Durch das spätere Prägen und das Biegen bei der Weiterverarbeitung, das im Winkel von 90° erfolgt, treten sehr hohe Dehnungsbeanspruchungen auf, die die Lacke vertragen müssen.
Die Lacke müssen daher auch nach der Trocknung noch elastisch, geschmeidig und dehnbar sein, so daß keinerlei Rißbildung eintritt. Die Lackschicht soll aber außerdem die Pappe gegen den Einzug von Feuchtigkeit schützen. Zum Lackieren verwendet man Lacke, die auf der Basis von Nitrozellulose hergestellt und mit entsprechenden Lösungsmitteln und Weichmachern versetzt sind.
Der Auftrag der Farb- und Lackschichten erfolgt auf einer Walzenfarbauftragsmaschine. Zum Trocknen läßt man die Pappen anschließend durch einen Trocknungskanal laufen, der durch eingebaute Heizregister beheizt wird. Ein solcher Trockenkanal hat meist eine Länge von 15···20 m und eine Breite von 1,2···1,5 m. Damit lassen sich Leistungen von 10···15 t/d erzielen.
Im allgemeinen verfährt man bei der Lackierung so, daß zunächst zwei Grundstriche von je 23···24 g/m² aufgetragen werden. Anschließend erfolgt der Auftrag einer farblosen Lackschicht. Bei zweifarbigen Pappen wird nach dem Grundstrich zunächst geprägt, und anschließend wird ein farbiger Rasterstrich aufgetragen.

11.2.5.2. Prägen der Pappen

Abgesehen von den Eigenschaften, die von dem Lack, der zum Lackieren der Pappen verwendet wird, gefordert werden müssen, hängt der Erfolg einer einwandfreien Prägung auch von den Eigenschaften der Pappe ab.

Prägefähigkeit

Als Prägefähigkeit bezeichnet man die Eigenschaft eines Karton- oder Pappenerzeugnisses, sich durch Prägen verformen zu lassen, ohne zu reißen, zu brechen oder Festigkeitseigenschaften zu verlieren. Dazu gehört weiter, daß die vorgenommenen Formveränderungen auch bestehenbleiben und nicht an Schärfe wieder verlieren.
Ausgehend von der Tatsache, daß ein Papiergefüge, zu dem auch Karton und Pappe zählt, aus einem Fasergerüst mit Luftzwischenräumen besteht, hat man es beim Prägen mit einem Zusammendrücken des Gefüges zu tun. Dadurch tritt örtlich gesehen bei der Tiefprägung eine Verminderung der Luftzwischenräume ein. Dagegen treten beim Hochprägen örtlich verschieden starke Dehnungen und damit ein Auseinanderziehen des Fasergefüges auf. Damit ist also bereits ausgedrückt, daß an ein derartiges Erzeugnis sehr hohe Anforderungen gestellt werden müssen. Die Pappe muß bildsam sein und eine gewisse Plastizität aufweisen. Darüber hinaus darf aber das Erzeugnis nicht zu stark federn und soll über eine geringe Elastizität verfügen. Die Bildsamkeit muß so groß sein, daß das Fasergefüge beim Zusammendrücken, Dehnen und Ziehen nachgibt und beim Nachlassen des Preßdruckes nicht in den früheren Zustand zurückfedert. Dabei darf aber auch kein Reißen oder Brechen, besonders der Außenlagen auftreten. Um eine gute Bildsamkeit besonders der Oberflächenschichten zu erreichen, bedarf es besonders der Einstellung eines richtigen Feuchtigkeitsgrades. Das ist jedoch nur in bestimmten Grenzen möglich. Deshalb ist bereits bei der Stoffzusammensetzung, der Stoffaufbereitung und der Herstellung auf der Pappenmaschine darauf zu achten, daß diese Forderung erreicht wird. Das gilt ganz besonders auch für die Auswahl der Rohstoffe in bezug auf die Fasereigenschaften. Außerdem ist auf die Herstellung eines sehr gleichmäßigen und bis zu einem gewissen Grade lockeren Gefüges zu achten. Die Beeinflussung der Bildsamkeit durch die Regulierung des Feuchtigkeitsgehaltes ist dann am Schluß immer noch möglich.

Prägekalander

Zum Einprägen fortlaufender Prägebilder in Karton und Pappen verwendet man einen zweiwalzigen Prägekalander. Dieser Kalander entspricht in seinem grundsätzlichen Aufbau dem unter Ziffer 11.2.3.3. geschilderten Pappenglättwerk. Ein Unterschied besteht lediglich in den Walzen. Dieser Kalander ist mit einer Stahlwalze ausgerüstet, in die das Prägemuster eingraviert ist. Die Walze läuft auf einer darunter angeordneten Papierwalze, die meist einen doppelt so großen Durchmesser wie die Oberwalze hat. Die Walzen richtet man oft so ein, daß sie beheizt werden können. Beim Prägen selbst muß man zwischen den einzelnen Formen der Prägung unterscheiden [114]. Beim Grainieren entsteht das Prägebild auf der Oberseite der Pappe und erscheint als mehr oder weniger starke Vertiefung der Ebene. Dabei verfährt man so, daß anstelle der unteren Papierwalze eine Stahlwalze arbeitet. Die Pappe wird zwischen der gravierten Walze und der glatten Stahlwalze hindurchgeführt. Beim Hochprägen, bei dem nur ganz geringe Unterschiede gegenüber der Oberfläche auf-

treten, arbeitet man so, daß eine Papierwalze als Unterwalze verwendet wird. Beim Gaufrieren, d. h. beim Prägen mit großen Höhenunterschieden gegenüber der Pappenoberfläche, arbeitet man so, daß zunächst das Muster der gravierten Walze in die Papierwalze eingepreßt wird. Man läßt die Oberwalze unter starkem Druck gegen die Papierwalze laufen, bis die Form genügend eingepreßt ist. Dabei ist die Papierwalze dauernd naß zu halten, damit ein Reißen der Walze vermieden wird. Ein unsachgemäßes „Einwaschen", wie dieser Vorgang auch bezeichnet wird, hat zur Folge, daß die Papierwalze ausbröckelt, Löcher bekommt und dadurch unbrauchbar wird.
Das Prägen selbst geschieht so, daß die Pappe zwischen der als Patrize wirkenden Prägewalze und der als Matrize wirkenden Papierwalze hindurchläuft und so die Formen eingeprägt werden. Die beiden Walzen dürfen sich gegeneinander nicht verschieben, weil sonst das Muster auf der Matrize zerstört wird. Deshalb treibt man bei einem Prägekalander ebenfalls die Oberwalze direkt und die Unterwalze über eine Zahnradübersetzung an. Ähnlich kann man auch verfahren, indem man anstelle der Papierwalze eine gravierte Stahlwalze als Matrize verwendet, was aber selten geschieht.
Die Grundlage für eine saubere, fehlerfreie Prägung ist die richtige Vorbehandlung der Pappe. Einen bestimmten Prozentsatz Feuchtigkeit (6···9 %) muß der Bogen enthalten, und zwar muß diese gleichmäßig verteilt sein. Auf keinen Fall dürfen die Kanten stärker ausgetrocknet sein als die Bogenmitte, da niemals eine gute Prägung mit einem solchen Bogen erzielbar ist. Vor der Prägung ist der Bogen zu kalibrieren. Der Arbeitsdruck soll niedriger als beim Prägen sein, weil sonst das Fasergefüge zu stark verdichtet wird, so daß die Gravuren der Prägung sehr scharf sein müssen, um den gewünschten Prägeeffekt zu erzielen. Das führt dann meist bei der Verarbeitung zum Aufreißen der Oberflächen infolge zu hoher Beanspruchung der Deckschicht. Die Prägedrücke liegen zwischen 60···120 Mp. Der jeweilige Druck hängt allerdings vom Dessin und der Qualität der Pappen ab.

12. Prüfung des Kartons und der Pappen

Für den Hersteller kommt es darauf an, ein Erzeugnis zu schaffen, das den Anforderungen, die der Verarbeiter stellt, voll entspricht. Um diese Forderungen zu erfüllen, ist der Hersteller verpflichtet, die geltenden Qualitätsbestimmungen, die in den „Technischen Güte- und Lieferbedingungen (TGL)" der Deutschen Demokratischen Republik festgelegt sind, einzuhalten. Um ein qualitätsgerechtes Erzeugnis herstellen zu können, bedarf es nicht nur der Überwachung und Prüfung des Fertigproduktes, sondern es ist vielmehr notwendig, bereits mit der Prüfung der Rohstoffe und der Hilfsstoffe zu beginnen, weil deren Qualität ein ausschlaggebender Faktor für die Güte des Enderzeugnisses ist. Es gehört aber auch weiter dazu, daß der Produktionsablauf einer ständigen Überwachung und Prüfung unterliegt, damit auch von dieser Seite alle gestellten Anforderungen erfüllt werden und außerdem mit einem geringstmöglichen Aufwand an Roh- und Hilfsstoffen, Zeit und menschlicher Arbeitskraft ein Produkt erzeugt wird, das einen möglichst niedrigen Kostensatz aufweist. Dadurch wird neben einer hohen Qualität auch ein hohes ökonomisches Ergebnis erzielt.

12.1. Prüfung der Roh- und Hilfsstoffe

Für die Qualität der Roh- und Hilfsstoffe bestehen ebenfalls TGL, die von den Lieferanten einzuhalten sind. Es gehört aber auch zur Pflicht des Abnehmers, die Einhaltung dieser Bestimmungen zu überwachen und die notwendigen Eingangskontrollen durchzuführen. Dazu gehört vor allem die Prüfung der Masse der Lieferung auf Übereinstimmung mit den Angaben auf den Frachtpapieren. Es gehört weiter dazu, daß die Einhaltung der TGL in bezug auf den Feuchtigkeitsgehalt, den Anteil an Unreinheiten, sowohl bei Zellstoff und Holzschliff als auch ganz besonders bei Altpapieren und Alttextilien, erfolgt. Soweit es vorgeschrieben ist, sind weiterhin die Festigkeitseigenschaften zu untersuchen. Alle Ermittlungen sind in Kontrollbüchern aufzuzeichnen, so daß jederzeit ein Nachweis möglich ist. Die Kontrolle auf Einhaltung der Gütevorschriften und der Qualitätsmerkmale erstreckt sich aber nicht nur auf die angelieferten Roh- und Hilfsstoffe, sondern auch auf diejenigen, die vom Verarbeiter im eigenen Betrieb hergestellt werden. Von einer exakten Kontrolle der zur Verarbeitung kommenden Roh- und Hilfsstoffe hängt sehr wesentlich bereits die Qualität des Fertigerzeugnisses ab. Deshalb sind die Prüfungen mit aller Konsequenz durchzuführen und die Ergebnisse auszuwerten.

12.2. Kontrolle der laufenden Fertigung

Die Kontrolle und Überwachung des Produktionsablaufes beginnt bereits wieder beim Roh- und Hilfsstoff. Es muß eindeutig festgelegt werden, welche Rohstoffzusammensetzung nach Art und Menge für ein bestimmtes Erzeugnis erforderlich ist.

Diese Festlegungen haben auf dem Stoffeintragungszettel zu erscheinen, der vom Produktionsleiter oder dessen Beauftragten auszufüllen ist. Diese Rohstoffmengen und -sorten sind entsprechend den getroffenen Festlegungen auch zu verwenden, und der tatsächliche Verbrauch ist festzuhalten. Es ist weiterhin laufend zu prüfen, ob die festgelegten Mahlungsgrade, der erforderliche Leimungsgrad und andere Festlegungen exakt eingehalten werden. Bei der Herstellung der einzelnen Sorten auf der Karton- oder Wickelpappenmaschine ist eine ständige Überwachung vor allem der Stoffdichte in den Arbeitsbütten, in den Stoffaufläufen zu organisieren, damit eine gleichmäßige Blattbildung erreicht und die geforderte Masse je Flächeneinheit eingehalten wird. Zu kontrollieren ist weiterhin der pH-Wert am Stoffauflauf und auch die Arbeit der Naßpressen durch Ermittlung der Feuchtigkeitsgehalte. Bei der Kartonmaschine ist weiterhin eine Überwachung der Trockenpartie zur Erzielung eines hohen Wirkungsgrades erforderlich, wobei besonders auch auf die Einhaltung der festgelegten Trockenkurve zu achten ist. Wichtig ist auch eine ständige Kontrolle der Sieb- und Filzlaufzeiten und das Auffinden von Ursachen für überhöhte Verbräuche.
Das ökonomische Ergebnis wird aber nicht nur durch die bisher genannten Faktoren beeinflußt, sondern auch durch den Verbrauch an menschlicher Arbeitskraft, Dampf und Energie. Deshalb ist es notwendig, auch diese Faktoren einer eingehenden Kontrolle zu unterziehen und aus den gewonnenen Erkenntnissen die richtigen Schlußfolgerungen zu ziehen. Das bedeutet, daß nicht nur der Betriebswirtschaftler, sondern ganz besonders der Ingenieur die Ergebnisse nicht nur erfassen, sondern sie auch auswerten und auf diesen Erkenntnissen ihre weitere Arbeit aufbauen müssen. Dabei darf die Ursachenforschung keinesfalls außer acht gelassen werden.

12.3. Prüfung des Fertigerzeugnisses

Neben den bisher geschilderten notwendigen Kontrollmaßnahmen darf die Prüfung des Fertigerzeugnisses selbst nicht außer acht gelassen werden. Dabei sind die Prüfungen für die einzelnen Sorten entsprechend den Prüfbedingungen durchzuführen. Die Prüfbestimmungen sind in den TGL für die Ermittlung der einzelnen Gütewerte genau festgelegt. Diese Gütewerte für das jeweilige Erzeugnis richten sich nach den Forderungen, die vom Verarbeiter gestellt werden. Sie sind vom Hersteller streng zu beachten und einzuhalten.

12.4. Prüfmethoden

Die Prüfmethoden [115] sind keine willkürlichen Festlegungen für die Ermittlung der Güteeigenschaften, sondern sämtlich nach eingehender Untersuchung und mit wissenschaftlicher Exaktheit ermittelt und festgelegt. Ihre Verletzung muß unweigerlich zu uneinheitlichen und falschen Ergebnissen führen. Die festgelegten Prüfbestimmungen sind einzuhalten und nach ihnen die Prüfungen einheitlich durchzuführen.

12.4.1. Prüfung der Stoffzusammensetzung

Die Prüfung der Stoffzusammensetzung kann nach zwei Methoden erfolgen, und zwar entweder nach der mikroskopischen oder nach der makroskopischen Methode. Bei der letzteren erfolgt lediglich die Feststellung, ob ein Erzeugnis holzfrei oder holzhaltig

ist. Die Prüfung der Stoffzusammensetzung wird vor allem dort wichtig sein, wo sie einen besonderen Einfluß auf die Qualität des Fertigerzeugnisses hat, z. B. bei Chromoersatzkarton, Matrizenpappen usw.

12.4.1.1. Mikroskopische Methode

Unter Verwendung des Mikroskops lassen sich sowohl Art als auch Menge der zur Herstellung verwendeten Faserstoffe ermitteln. Weiterhin ermöglicht die mikroskopische Betrachtung eine Beurteilung der durch die Mahlung eingetretenen Veränderungen an der Faser selbst.
Die verschiedenen Faserrohstoffe haben ganz bestimmte Merkmale, an Hand derer zu unterscheiden ist, welcher Art ein Rohstoff ist. Um das Erkennen der einzelnen Faserarten zu begünstigen, bedient man sich der Methode des Anfärbens mit Chemikalien. Zu den verwendeten Chemikalien gehören hauptsächlich Chlorzink-Jod-Lösung und Jod-Jodkalium-Lösung. Die einzelnen Faserstoffe reagieren darauf in der Anfärbung wie folgt:

Tabelle 48. Färbung von Papierfasern bei Anfärbung mit Chlorzink-Jod oder Jod-Jodkalium

Faserart		Anfärben mit Chlorzink-Jod	Jod-Jodkalium
Verholzte Fasern	Holzschliff, rohe Jute, nicht ganz aufgeschlossene Zellstoffe	zitronengelb bis dunkelgelb	je nach Verholzungsgrad teils leuchtend gelbbraun, teils braun
	Strohstoff	teils gelb, teils blau, teils violett	teils gelb, teils gelbbraun, teils grau
Zellstoffe	Holzzellstoff Strohzellstoff und Jutezellstoff	blau bis violett blau bis blauviolett	grau bis braun grau
	Esparto	teils blau, teils weinrot	teils grau, teils braun
	Manilahanf	blau, violett schmutziggelb	teils grau, teils braun, teils gelbbraun
Lumpenfasern	Leinen, Hanf, Ramie, Baumwolle	schwach bis stark weinrot	schwach bis dunkelbraun, dünne Lamellen, fast farblos

Die Durchführung der Prüfung erfolgt, indem zunächst ein Stück des zu prüfenden Materials in einem Reagenzglas mit verdünnter Natronlauge so lange gekocht wird, bis es sich in einzelne Fasern aufgelöst hat. Dieser Brei wird auf einem feinen Sieb mit destilliertem Wasser ausgewaschen und dann mit den Fingern ausgedrückt. Ein kleiner Teil des Stoffes wird auf einen Objektträger gebracht, dort mit dem zu verwendenden Chemikal angefärbt und dann mit den Mikroskopiernadeln fein und gleichmäßig verteilt. Danach wird das Präparat mit einem dünnen Deckgläschen

abgedeckt, wobei darauf zu achten ist, daß sich keine Luftbläschen unter dem Glas bilden. Die überschüssige Flüssigkeit wird an den Rändern mit Löschpapier abgezogen. Dieses Präparat wird nun unter das Mikroskop gelegt und zur Betrachtung hin und her geschoben. Dabei werden Art und Menge der einzelnen Fasern festgestellt und die prozentuale Stoffzusammensetzung geschätzt. Bei dieser Methode, die große Erfahrung erfordert, werden keine genauen Werte erzielt. Sie ist von der Erfahrung des Betrachters abhängig. Diese Methode genügt aber für betriebliche Ermittlungen auch in bezug auf ihre Genauigkeit vollkommen. Die bedeutend genauere Methode des Auszählens der einzelnen Faserarten soll hier nicht beschrieben werden, weil sie für rein betriebliche Untersuchungen zu langwierig und zu aufwendig ist.

12.4.1.2. Makroskopische Methode

Diese Methode erstreckt sich auf die Feststellung von verholzten Fasern im Stoff. Dabei bedient man sich nachstehend aufgeführter Holzschliff-Reagenzien:

1. alkoholische, salzsaure Phlorogluzin-Lösung (1 g Phlorogluzin, gelöst in 50 cm^3 Alkohol + 25 cm^3 konzentrierter Salzsäure),
2. Anilinsulfat (1 g schwefelsaures Anilin, gelöst in 100 g destilliertem Wasser und 1 Tropfen H_2SO_4),
3. Dimethyl-Paraphenylen-Diamin (auch Di-Lösung genannt bzw. Wurters Reaktion).

Die Wirkung dieser Lösungen besteht darin, daß sie schnell mit dem in den Fasern enthaltenen Lignin reagieren und je nach Anteil mehr oder weniger stärkere Färbungen ergeben. Dieser Nachweis ist vor allem insofern unkompliziert, als das Reagens unmittelbar auf den Karton aufgetropft wird.

Die Reaktionsfärbungen sind folgende:

1. Phlorogluzin: je nach Anteil der Holzschliffasern schwach bis stark rot,
2. schwefelsaures Anilin: je nach Anteil der Holzschliffasern schwach bis stark gelb,
3. Dimethyl-Paraphenylen-Diamin: Bei Anwesenheit von Holzschliffasern entsteht ein orangroter Fleck, der bei Befeuchtung mit Wasser auf karmesinrot umschlägt.

Zu beachten ist allerdings, daß sich diese Reaktion nur bei ungefärbten und schwachgefärbten Stoffen eignet. Bei starken Färbungen tritt die Anfärbung des Holzschliffes nicht oder nur undeutlich hervor. In solchen Fällen muß auf die unter Ziffer 12.4.1.1. erläuterte Methode zurückgegriffen werden.

12.4.1.3. Prüfung des Mahlungsgrades

Das Entwässerungsverhalten eines Papierstoffes ist ein Maßstab für die an der Faser durch die Mahlung hervorgerufenen Veränderungen und somit deren Eignung für die Herstellung des jeweiligen Finalproduktes.
Zur Ermittlung des Mahlungsgrades bedient man sich, neben bereits entwickelten und unter Ziffer 8.3.2.6. beschriebenen Geräten, die eine kontinuierliche Mahlgradermittlung gestatten, entweder des Mahlungsgradprüfers nach „Schopper-Riegler“

? kg oder g

bzw. in den USA, England usw. z. B. des kanadischen Standard- und anderer Geräte. Für die Prüfung des Mahlungsgrades nach „Schopper-Riegler" wird von dem zu prüfenden Stoff mittels eines dazu geeigneten Meßbechers, eine solche Suspensionsmenge entnommen, die einer Fasermenge von 2 kg absolut trocken entspricht. Liegt der Stoff mit einem höheren Trockengehalt, als in der Stoffaufbereitung üblich, vor, wird unter Beachtung des jeweiligen Trockengehaltes diejenige Menge eingewogen, die 2 g absolut trocken entspricht. Diese Stoffmenge wird mit 1 l Wasser verdünnt und durch mehrfaches Umgießen von einem in das andere Gefäß oder durch Aufschlagen mittels eines Aufschlaggerätes, gleichmäßig in der Flüssigkeitsmenge verteilt. Dabei wird eine Wassertemperatur von 20 °C eingestellt. Danach wird die Faserstoffsuspension in den Zylinder des Mahlungsgradprüfers, in den vorher ein Metallkegel zur Abdichtung der Siebfläche eingesetzt wurde, gegossen und anschließend der Kegel herausgenommen, so daß die Suspension freien Zutritt zur Siebfläche erhält und das Wasser durch das Sieb hindurchtreten kann. Entsprechend dem Mahlungszustand des jeweiligen Stoffes und damit seiner Fähigkeit Wasser abzugeben, wird eine größere oder geringere Wassermenge durch das vordere gebogene Ablaufrohr abfließen. Das über dieses Rohr ablaufende Wasser wird in einem Meßzylinder aufgefangen, an dem die Mahlungsgrade in Skalenform von oben nach unten aufgetragen sind. Der Mahlungsgrad eines Faserstoffes ist die Differenz zwischen der eingesetzten Wassermenge (1000 cm^3) und der durch das seitliche gebogene Rohr abgelaufenen und im Meßzylinder aufgefangenen Wassermenge. Jeweils 10 cm^3 des Meßzylinderinhaltes entsprechen 1 °SR. Die Ablesung des Mahlungsgrades an der Skala erfolgt am unteren Meniskus. Sofern eine Temperatureinstellung auf 20 °C nicht erfolgt ist, treten Abweichungen nach oben oder unten auf, die je nach Temperaturüber- und -unterschreitung 0,46 °SR auf 1 °C betragen und korrigiert werden müssen. Die auf dem Sieb verbliebene Stoffmenge wird nach der Prüfung entnommen, getrocknet und gewogen. An Hand des ermittelten Gewichtes ist dann eine Korrektur mittels einer Korrekturtabelle vorzunehmen. Zu beachten ist weiter, daß die Eignung dieses Gerätes bei Mahlungsgraden bis 20 °SR und über 85 °SR wenig genau ist.

12.4.2. Prüfung des Aschegehaltes

Auch die Karton- und Pappensorten weisen einen mehr oder weniger hohen Anteil an Füllstoffen auf, der entweder durch bewußte Zugabe entstanden ist oder aus dem verwendeten Altpapier herrührt. Wenn man diesen Füllstoffanteil mengenmäßig erfassen will, so macht sich die Bestimmung der Asche erforderlich.
Die Ermittlung der Asche erfolgt gemäß TGL 20102. Sie dient zur Ermittlung der Masse des Rückstandes nach vollständiger Verbrennung unter im Standard festgelegten Bedingungen. Die Probenahme erfolgt bei Papier und Karton nach der TGL 7583, bei Zellstoff nach der TGL 8971. Bei der Probenahme von Pappe sind soviel Proben zu entnehmen, daß ein annähernd richtiger Durchschnitt ermittelt werden kann. Die Proben sind vor dem Wägen nahe der Waage so lange zu lagern, bis sich unterschiedliche Feuchtegehalte ausgeglichen haben.
Als Prüfhilfsmittel dienen: Eine analytische Waage mit einer Wägegenauigkeit von 0,0001 g, ein Trockenschrank mit regelbarer Temperatur von 105 °C ± 3 °C, ein elektrisch beheizbarer Muffelofen mit selbständiger Temperaturregelung und Temperaturmeßeinrichtung von 800 °C ± 50 °C, ein Wägeglas mit 50 ml Inhalt, Platin- oder

Porzellantiegel mit 30 ml Inhalt. Für Ascherückstände über 5 % sind auch elektrisch beheizte Ascheglührohre mit zugehörigen Waagen zulässig. Es sind zwei Einzelproben zu prüfen. Die Proben sind in bis zur Massekonstanz geglühtem Tiegel einzuwägen (E in g). Die Einwaage richtet sich nach der zu erwartenden Asche und beträgt etwa bei einer Asche von: unter 0,1 % 30 g Einwaage, etwa 0,3 % 10 g Einwaage, etwa 1,0 % 5 g Einwaage, über 5,0 % 1 g Einwaage. Die Proben sind im Tiegel bei höchstens 300 °C oder mit kleiner, nichtrußender Bunsenflamme zu verkohlen und mindestens 1 h lang im Muffelofen bei 800 °C ± 50 °C zu glühen. Der Tiegel ist nach Abkühlung im Exsikkator auf Zimmertemperatur abzukühlen und zu wägen. Glühen, Abkühlen und Wägen ist sooft zu wiederholen, bis sich eine innerhalb des Wägeglases konstante Masse eingestellt hat (Asche (A) in g). Die Massekonstanz gilt als erreicht, wenn der Masseunterschied folgende Werte erreicht hat: Masseunterschied 0,01 % bei Asche bis 1,0 %, Masseunterschied 0,1 % bei Asche von 1···5 %, Masseunterschied bei Asche über 5 %. Bei Verwendung von Ascheglührohren sind die Proben zu wägen (Einwaage (E) in g), dann gerollt in die Rohre einzuführen und zu veraschen. Zur Wägung ist die Asche aus den Rohren zu entnehmen. Parallel zur Aschebestimmung ist der Feuchtegehalt (F in %) des Probestückes nach TGL 7584 zu ermitteln. Die Auswertung der Prüfung erfolgt nach folgender Formel:

$$\text{Asche in } \% = \frac{A\,100 \cdot 100}{E\,(100 - F)}$$

Aus den Einzelwerten ist das arithmetische Mittel zu bilden. Die Angabe der Werte erfolgt mit folgender Genauigkeit: bei Asche bis 1,0 % auf 0,01 %, bei Asche über 1,0 %···5,0 %, bei Asche über 5 % auf 0,5 %.

12.4.3. Prüfung des pH-Wertes

12.4.3.1. pH-Wert

Die Menge der in einer Lösung enthaltenen Wasser-(H-) bzw. Hydroxyl-(OH-)Ionen ist der Ausdruck dafür, ob dieselbe saurer oder alkalischer Natur ist.
Die Wasserstoff-Ionenkonzentration ist die in g/Liter ausgedrückte Menge an Wasserstoffionen. Diese Menge stellt das Maß für den Grad der sauren bzw. alkalischen Reaktion dar. Bei den Werten handelt es sich bis auf eine Ausnahme, die sich auf stark mineralsaure Lösungen bezieht, um sehr kleine Mengen, die wesentlich unter 1 g/l liegen, so z. B. bei neutralem Wasser $\frac{1}{10000000} = \frac{1}{10^7} = 10^{-7}$. Die hierfür gültige Ausdrucksform ist die Potenz von 10. Da H normalerweise kleiner als 1 ist und damit einen echten Bruch darstellt, erhalten diese Potenzen ein negatives Vorzeichen, so z. B., 10^{-1} entspricht als echter Bruch ausgedrückt 1/10, 10^{-3} entspricht als echter Bruch ausgedrückt 1/1000 normal, 10^{-5} entspricht als echter Bruch ausgedrückt 1/100000 normal. *Keim* [116] bezeichnet diese negativen Exponenten als „Wasserstoffexponenten", der den negativen Logarithmus der Wasserstoff-Ionenkonzentration darstellt, und hat ihnen das Symbol „pH" gegeben. Zur Vereinfachung des Ausdruckes werden nur die Exponenten ohne ihre Vorzeichen als Grad der Wasserstoff-Ionenkonzentration verwendet, d. h. also, statt 10^{-1} = pH 1, 10^{-3} = pH 3, 10^{-5} = = pH 5. Unter Verwendung der Exponenten wurde eine pH-Skala festgelegt, bei der die Zahl 7 als Null- oder Neutralpunkt gilt. Unter diesem Neutralpunkt liegt der saure

und darüber der alkalische Bereich. Der Skalenbereich erstreckt sich zwischen den Werten 0 und 14. Das erklärt sich aus dem Bestehen einer mathematischen Beziehung zwischen den H- und OH-Ionen, indem die Summe der Exponenten pH und pOH stets gleich 14 ist. Sofern eine neutrale Reaktion vorliegt, ist der 14-Ionenexponent und dementsprechend der OH-Ionenexponent 7. Bei einer überwiegend sauren Reaktion überwiegen die H-Ionen, und damit liegt der pH-Wert unter 7. Bei Vorliegen eines Übergewichtes an OH-Ionen dagegen ist der pH-Wert größer als 7.

Zunehmend sauer						neutral						zunehmend alkalisch	
pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Da die pH-Skala eine logarithmische ist, bedeutet eine Einheit mehr eine Steigerung der Alkalität um das Zehnfache, eine Einheit weniger eine Zunahme des Säuregrades um das Zehnfache. Praktisch betrachtet heißt das, daß eine Lösung mit dem pH-Wert 4 die 10mal größere Mengen an Säure enthält als bei pH 5.
Bekanntlich spielen die H-Ionen bei allen Umsetzungen eine bestimmende Rolle, weil sie über eine immense Reaktionsfähigkeit verfügen. Aus diesem Grunde spielt auch die Wasserstoff-Ionenkonzentration bei der Papier-, Karton- und Pappenherstellung keine zu vernachlässigende Rolle. Die Erzielung eines richtigen Leimungsgrades bei sparsamster Verwendung von Aluminiumsulfat ist ein Beispiel dafür. So erfolgt die Zugabe des Leimes zweckmäßig bei einem pH-Wert von 8, also in schwach alkalischer Reaktion, damit ein grobes Ausfällen vor der Verteilung im Stoff vermieden wird. Erst nach guter Verteilung erfolgt die Fällung des Harzes auf die Faser mit Aluminiumsulfat bzw. Natriumaluminat, wobei ein pH-Wert von 5 bis 5,5 bzw. 6,0···6,8 eingestellt wird. Der pH-Wert beeinflußt weiterhin das Aufziehen der Farben und spielt eine bedeutende Rolle bei der Faserrückgewinnung. Wichtig ist die Einhaltung eines richtigen pH-Wertes bei der Blattbildung und Entwässerung auf dem Sieb. Eine Kontrolle des pH-Wertes ist aber auch wichtig für die Erhaltung der Anlagen selbst, z. B. ganz speziell in Braunholzschleifereien usw., um der Korrosion entgegenwirken zu können.
Auch bei der Herstellung gewisser Kartonsorten wird die Gegenwart von Alkalien und Säuren als schädlich bezeichnet und deshalb neutrale Reaktion verlangt. All diese Feststellungen sind durch die Kenntnis des pH-Wertes ohne weiteres möglich.

12.4.3.2. Prüfmethoden

Elektrometrische Methode

Zur Messung des pH-Wertes verwendet man eine zweipolige Elektrodenkette, die aus einer Bezugs- und einer Meßelektrode besteht. Durch Veränderung in der Wasserstoff-Ionenkonzentration im zu prüfenden Material tritt eine Spannungsänderung zwischen den genannten Elektroden ein, die elektrisch gemessen und auf einem Anzeigegerät sichtbar gemacht wird. Näheres über die Geräte und Einsatzmöglichkeiten wurde bereits unter Ziffer 9.8.1. gesagt.

Kolorimetrische Methode

Diese Methode bedient sich der Messung von Indikator-Farbtönen. Bei diesen Indikatoren handelt es sich um Farbstoffe, die die Eigenschaft haben, sich bei bestimmten

pH-Werten zu verändern. Dabei ist allerdings zu beachten, daß sich der Farbumschlag nicht im genau begrenzten Bereich der pH-Wert-Skala vollzieht, sondern sich meist über einen größeren Bereich von zwei Skalenwerten erstreckt. Um den pH-Wert einer Lösung zu ermitteln, versetzt man die Probe mit einem Teil Indikatorlösung und läßt kurze Zeit reagieren. Nach Beendigung der Reaktion wird mit einer Standardskala verglichen, wobei die am Farbton erkenntlichen Zwischenwerte zu schätzen sind. Als Indikatorlösungen gibt es eine große Menge von Reagenzien, die hier aufzuführen zu weit führen würde. Um aber eine Vereinfachung zu erzielen, hat man sogenannte Universal-Indikatoren entwickelt. Diese stellen eine Kombination verschiedener Farbstoffe dar, die die Eigenschaft haben, einen größeren Bereich der Standardskala zu erfassen.
Ein Hilfsmittel zur schnellen Bestimmung eines bestimmten pH-Bereiches ist das sogenannte Indikatorpapier. Man verwendet hier speziell Lackmus-, Kongorot- und Phenolphthaleinpapiere, mit denen eine Einordnung in vier große Bereiche möglich ist, aber keine exakte Bestimmung eines genauen pH-Wertes. So kann bei Lackmuspapier sowohl blaues in der sauren Reaktion als auch rotes in der alkalischen Reaktion verwendet werden. Neutrales Lackmuspapier kann sowohl bei saurer als auch bei alkalischer Reaktion angewendet werden. Bei dieser Sorte erfolgt der Umschlag von Rot auf Blau im Bereich von pH 7. Kongorotpapier schlägt im Bereich von etwa pH 3,5 von Rot nach Blau um. Dagegen verwendet man Phenolphthaleinpapier im alkalischen Bereich. Dabei ergeben sich folgende Reaktionen: pH 8 = farblos, pH 9 = rot.
Neben den vielen bekannten Universalindikatoren und den genannten Indikatorpapieren soll noch das vielfach angewendete „Lyphan-Papier" nach Dr. *Kloz*, Leipzig, genannt werden. Der mit Indikator und Vergleichsfarben imprägnierte Papierstreifen wird kurz in das zu prüfende Medium eingetaucht, die Färbung mit einer Standardskala verglichen und der pH-Wert abgelesen.

12.4.4. Prüfung der physikalischen Eigenschaften

12.4.4.1. Bestimmung der Dicke und der Masse je Flächeneinheit

Bestimmung der Dicke

Die Bestimmung der Dicke erfolgt mit einem Dickenmesser mit einem spezifischen Tasterdruck von 1 kp/cm² ± 0,02 kp/cm². Die Fläche des Meßtasters beträgt 200 mm² ± 4 mm², die Teilung der Skala 0,01 mm. Die Durchführung der Prüfungen erfolgt an zehn Probestücken, die entsprechend der TGL 7583 entnommen und nach der TGL 7585 an das Normklima angeglichen wurden. Entsprechend den Festlegungen der TGL 11 656 sind an jedem Probestück mindestens zwei Messungen durchzuführen. Bei der Prüfung ist der Taster dem Probestück auf 0,2···0,3 mm zu nähern und dann durch das Loslassen des Hebels freizugeben. Die Prüfung erfolgt bei Karton und Pappe am Einzelblatt. Als Prüfergebnis gilt das arithmetische Mittel aus allen Einzelversuchen. Es ist bei Dicken bis 1 mm und darüber auf 0,01 mm und bei Dicken unter 1 mm auf 0,005 mm genau anzugeben.

Bestimmung der Masse je Flächeneinheit

Die Probenahme erfolgt nach der TGL 7583, wonach 10 Probestücke aus dem Probebogen zu entnehmen sind. Entsprechend der TGL 7585 erfolgt zunächst das An-

gleichen der Probestücke an das Normklima. Entsprechend der TGL 11656 wird als Prüfgerät eine Quadrantenwaage verwendet, die eine entsprechende Teilung für unterschiedliche Masse hat. Die Waage soll die Masse je Flächeneinheit an einem Probestück vom Format 297 mm × 420 mm unmittelbar anzeigen. Die Anzeigegenauigkeit muß 0,1 % des Skalenwertes betragen. Es sind 10 Probestücke zu wägen. Als Prüfergebnis gilt das arithmetische Mittel der 10 Einzelversuche. Da es sich bei Karton und Pappe um Massen je Flächeneinheit von über 25 g/m² handelt, ist der Wert auf 1 g/m² genau anzugeben.

Berechnung der Dichte

Aus der Masse je Flächeneinheit und der Dicke wird die Dichte nach folgender Formel berechnet:

$$\text{Dichte} = \frac{\text{Masse je Flächeneinheit in g/m}^2}{\text{Dicke in mm} \cdot 100} = \text{kg/dm}^3 .$$

Die Dichte ist auf 0,01 kg/d m³ genau anzugeben.

12.4.5. Bestimmung des Feuchtegehaltes

Die Bestimmung erfolgt nach der TGL 7584. Der Feuchtegehalt ist der Gehalt an Wasser in Karton und Pappe, dessen Bestimmung durch die Ermittlung des Masseverlustes erfolgt, der durch Trocknung bis zur Massekonstanz eintritt. Als Prüfgerät dienen: eine Waage mit einer Genauigkeit von mindestens 1/2000 der ursprünglichen Masse der Probe. Weiterhin ein Probebehälter, der, aus leichtem Material gefertigt, zum Transportieren und Wiegen der Proben dient. Der Behälter muß luftdicht verschließbar sein, damit eine Feuchteänderung vor der Wägung verhindert wird. Der Trockenschrank zum Trocknen der gewogenen Proben muß eine Temperatur von 105 °C ± 3 °C halten.

12.4.6. Bestimmung der Wasseraufnahme und Bestimmung der Längenänderung nach Wasserlagerung

Im Zusammenhang mit der Hygroskopizität eines Fasergefüges steht auch das Veränderungsvermögen eines Fasergefüges in der Flächenabmessung. Durch die Veränderung des Trockengehalts und des damit verbundenen höheren oder niedrigeren Gehalts an Feuchtigkeit tritt eine Dehnung bzw. Schrumpfung ein. Bei Aufnahme von Feuchtigkeit nehmen Länge und Breite zu. Dagegen werden die Flächenmaße bei Abnahme der Feuchtigkeitsmenge geringer. Die Ursache liegt im Aufquellen bzw. im Zusammenziehen der Faserschläuche. Neben der Veränderung von Länge und Breite tritt aber auch eine Veränderung der Dicke in entsprechender Richtung auf. Da aus der Natur der Faser betrachtet die Breitenquellung größer ist als die Längenquellung und da die Fasern im fertigen Erzeugnis vornehmlich eine Längsorientierung haben, ist eine Flächenveränderung in der Breite größer als in der Länge. Das Flächenveränderungsvermögen eines Fasergefüges ist abhängig von der Art der verwendeten Fasern, deren Mahlungszustand und der Fertigungsart des Kartonblattes.
Bei einem sehr schmierig gemahlenen Stoff nimmt die Fähigkeit, Feuchtigkeit aufzunehmen, zu. Aus diesem Grunde sind auch Erzeugnisse aus röschen Stoffen der Ver-

änderung nicht so stark unterworfen. Da Holzschliff z. B. eine nicht sehr hohe Quellfähigkeit aufweist, so sind aus diesem hergestellte Sorten auch flächenbeständiger. Beeinflußt wird das Flächenveränderungsvermögen auch durch den Grad der Leimung und die Art der verwendeten Leime. Bei bestimmten Karton- und Pappensorten spielt die Flächenbeständigkeit eine wesentliche Rolle. Das trifft auf alle Kartonsorten zu, die im Mehrfarbendruck verarbeitet werden, weil die sogenannten „Passerdifferenzen" zu erheblichen Schwierigkeiten führen, die sich darin ausdrücken, daß die einzelnen Farben nicht genau decken oder angrenzen. Das trifft weiterhin bei Matrizenpappen zu, bei denen es auf große Genauigkeit ankommt, und besonders bei Jacquardpappen, weil hier Veränderungen in der Fläche zur Nichteinhaltung der gestanzten Muster führen. Die Bestimmung der Wasseraufnahme und der Längenänderung nach Wasserlagerung erfolgt nach der TGL 12922.

Darin lautet die Begriffsbestimmung wie folgt:

Die Wasseraufnahme von Pappe ist die Massezunahme einer Probe nach einem Tauchvorgang im Wasser unter bestimmten Bedingungen. Die Längenänderung nach Wasserlagerung ist die Längenzunahme einer Probe in der Längs- und Querrichtung.
Die Probenahme erfolgt so, daß aus verschiedenen Teilen oder Stellen der Produktion oder der Liefereinheit mindestens zehn Probestücke mit einem Format von mindesten 297 × 420 mm zu entnehmen sind. Aus fünf dieser Probestücke wird je eine Probe von 100 × 100 mm zu jeder Kante geschnitten. Diese Proben werden entsprechend der TGL 7585, „Angleichen der Probe an das Normklima", mindestens drei Tage klimatisiert. Die Prüfung hat bei diesem Klima zu erfolgen. Zunächst erfolgt eine Wägung der Proben auf 1 g genau und die Messung der Längs- und Querrichtung auf 0,5 mm genau. Die Proben werden dann 30 Minuten in destilliertes Wasser von 20 °C getaucht. Dabei sind sie auf Glasstäbe zu legen, damit ein allseitiger Wasserzutritt erreicht wird. Nach dem Tauchprozeß wird die Probe mit Ober- und Siebseite und den Schnittkanten je 1 s an Filterkarton 406 C gl. 140 g/m² gedrückt und unmittelbar darauf gewogen. Anschließend erfolgt eine Längenmessung. Die Auswertung der Meßergebnisse erfolgt wie nachstehend erläutert: Wasseraufnahme: Aus fünf Einzelwerten wird das arithmetische Mittel gebildet. Für die Berechnung der Wasseraufnahme gilt folgende Formel:

$$\mathrm{WAP} = \frac{\Delta G}{G_0} 100\,[\%];$$

darin bedeuten:

WAP = Wasseraufnahme in %,
ΔG = Wasseraufnahme in g,
G_0 = Masse der klimatisierten Probe in g.

Der Endwert ist auf 1 % abzurunden.

Längenänderung: Die arithmetischen Mittel der Längs- und Querrichtung werden nach folgender Formel berechnet:

$$\mathrm{LWP\ (längs\ bzw.\ quer)} = \frac{\Delta L}{L_0} 100\,\%;$$

darin bedeuten:

LWP = Längenänderung nach Wasserlagerung,
ΔL = Längenänderung in Längs- bzw. Querrichtung in mm,
L_0 = Länge der klimatisierten Probe in Längs- bzw. Querrichtung in mm.

Das Ergebnis der jeweiligen Berechnung ist auf 0,1 % abzurunden.

12.4.7. Bestimmung der Saughöhe

Als Saugfähigkeit bezeichnet man die Aufnahmefähigkeit eines Fasergefüges gegenüber Flüssigkeiten. Die Saugfähigkeit ist die Grundeigenschaft eines Fasergefüges, das filzartig untereinander verschlungen ist und dabei auch Lufteinschlüsse aufweist. Die Saugfähigkeit eines Fasergefüges beruht in der Hauptsache auf der Kapillarwirkung der Fasern, wobei die Art und Verteilung der luftgefüllten Hohlräume im Gefüge und deren Zugänglichkeit von der Oberfläche her sowie die Benetzbarkeit der Hohlräume durch die aufzunehmende Flüssigkeit eine Rolle spielen. Mit zunehmender Dichte eines Fasergefüges, d. h. der nach der Oberfläche hin offenen Hohlräume und deren Weite, nimmt auch die Eigenschaft ab, Flüssigkeiten aufzunehmen. Dadurch wird gleichzeitig die Aufnahmegeschwindigkeit verändert. Beste Beispiele für einen hohen Gehalt an Hohlräumen auf der Oberfläche bietet z. B. eine Rohdachpappe mit einem sehr hohen Anteil an Alttextilien. Hinsichtlich der bereits angedeuteten Benetzbarkeit durch die aufzusaugende Flüssigkeit unterscheidet man zwischen innerer und äußerer Benetzbarkeit. Die äußere Benetzbarkeit ist eine Eigenschaft der Oberfläche, während die innere Benetzbarkeit als eine solche der Hohlraumwandungen zu betrachten ist. Sofern ein Fasergefüge eine hohe äußere und innere Benetzbarkeit aufweist, besteht auch die Fähigkeit der Aufnahme großer Flüssigkeitsmengen mit hoher Geschwindigkeit.
Auch die Art der Flüssigkeit hat ihre Auswirkungen auf die Saugfähigkeit eines Fasergefüges. Man muß deshalb nach der Saugfähigkeit gegenüber einer bestimmten Flüssigkeit, d. h. gegenüber einer wäßrigen, alkoholischen, sauren oder neutralen Flüssigkeit bzw. gegenüber Ölen und Fetten unterscheiden. So wird z. B. ein Fasergefüge, das aus sehr rösch gemahlenem Stoff ohne irgendwelche Zusätze hergestellt ist, eine hohe Aufnahmefähigkeit sowohl gegenüber einer wäßrigen als auch einer alkoholischen Lösung haben. Bei einem Zusatz von Leim wird es dagegen gegenüber beiden Lösungen eine unterschiedliche Aufnahmefähigkeit aufweisen.
Die höchste Saugfähigkeit haben also alle die Fasergefüge, die über eine hohe Anzahl an offenen Hohlräumen nach der Oberfläche zu verfügen und nicht geleimt oder stark gemahlen sind. Hierzu gehören vor allem die Sorten, die aus Lumpen, Wolle und Baumwolle, aber auch aus Natron- und Laubholzzellstoffen gearbeitet sind. Je dichter dagegen ein Gefüge ist, um so geringer sind die Größe und Anzahl der Hohlräume an der Oberfläche.
Die Saugfähigkeit eines Stoffes wird durch verschiedene Umstände ungünstig beeinflußt, und zwar durch hohe Ausmahlung des Stoffes und hohe Verdichtung auf der Maschine, durch Leimung im Stoff und an der Oberfläche. Durch die Saugfähigkeit eines Fasergefüges wird damit auch die Saughöhe bestimmt.
Die Bestimmung der Saughöhe erfolgt nach TGL 20106, die Probenahme nach TGL 7583. Es sind fünf Probestücke zu entnehmen. Aus diesen fünf Probestücken ist

mittels eines scharfen Messers in einer Breite von 15 mm ± 0,1 mm aus Längs- und Querrichtung je eine Probe zu schneiden. Die Proben werden nach TGL 7585 an das Normklima angeglichen. Als Prüfgerät ist ein Stativ mit vertikal verschiebbarem und in jeder Höhe zu arretierendem Querbalken zu verwenden, an dem Maßstäbe in mm-Einteilung und Klemmen zum Festhalten der Proben anzubringen sind. Der Fuß des Stativs muß mit Dosenlibelle und Justierschrauben versehen sein, um für die Schale zur Aufnahme der Prüfflüssigkeit, eine waagerechte Unterlage zu bilden. Es sind je vier Proben in Längs- und Querrichtung zu prüfen.
Die Prüfung erfolgt so, daß die Streifen bei hochgeschobenem Querbalken so in die Klemmen gebracht werden, daß sie in einer Entfernung von 1···2 mm parallel zu den Meßstäben herunterhängen und sie an ihrem unteren Ende um 5···10 mm überragen. Danach wird der Querbalken langsam gesenkt und wieder arretiert, wenn die untere Meßkante die Prüfflüssigkeit berührt. Als Prüfflüssigkeit verwendet man destilliertes Wasser von 20 °C.
Mit Beginn der Benetzung wird eine Stoppuhr in Gang gesetzt und nach zehn Minuten für jeden Streifen die Saughöhe in mm an den Stellen der Meßskalen abgelesen, bis zu denen die Prüfflüssigkeit angestiegen ist. Sofern sich schräge oder krumme Linien ergeben, ist die geschätzte Horizontale maßgebend. Aus den Werten der Einzelmessungen von je vier Streifen ist das arithmetische Mittel zu bilden und als Endergebnis anzugeben. Wird eine andere Prüfflüssigkeit als Wasser verwendet, so ist das bei der Angabe des Wertes anzugeben.

12.4.8. Bestimmung des Weißgrades

Die ständig mehr steigenden Ansprüche hinsichtlich der Weiße besonders bei hochwertigen Kartonsorten erfordern die Bestimmung des Weißgrades der Rohstoffe und auch der Fertigfabrikate. Man versteht unter dem Weißgrad eines Kartonerzeugnisses den Grad der Annäherung an das reine Weiß. Dabei zieht man das Rückstrahlvermögen von reinstem, chemisch hergestelltem Magnesiumoxidpulver zum Vergleich heran. Das Rückstrahlvermögen wird mit 97,5 % angesetzt.
Zur Bestimmung des Weißgrades erfolgt die Probenahme bei Zellstoff und Holzschliff entsprechend der TGL 7477. Die Probenvorbereitung ist in der TGL 8971 festgelegt. Danach sind aus der entnommenen Durchschnittsmenge 5 g ± 0,5 g (auf atro bezogen) auszuwiegen und mit einem mechanischen Rührgerät, das eine Suspension von Faserstoffen herzustellen vermag, in einem Liter destillierten Wassers aufzuschlagen. Die Suspension wird auf einer Nutsche mit einem Durchmesser von 14 cm bei aufgelegtem Filterblatt abgesaugt. Zur Gewährleistung einer einwandfreien Blattbildung ist die Suspension in einem Guß auf den Filter zu geben. Das Fassungsvermögen der Nutsche muß mindestens einen Liter betragen. Der Filter wird dann von der Probe abgenommen und dieselbe während einer Dauer von zehn Minuten bei 60 °C auf einem Trockner getrocknet. Die Trocknung hat zwischen zwei Papierdeckblättern zu erfolgen. Die Probenahme für Karton geschieht entsprechend der TGL 7583. Die Bestimmung des Weißgrades erfolgt nach der TGL 7476. Die Messung erfolgt entweder bei gerichteter Beleuchtung unter 0° Einfallswinkel und Erfassung des gesamten reflektierten Lichtes oder bei allseitiger diffuser Beleuchtung und Beobachtung unter 0° (Ulbrichtsche Kugel). Die Streuung von mehreren Meßwerten an ein und derselben Stelle darf bei Einhaltung der äußeren Bedingungen bei objektiver Messung nicht größer als ± 0,5 %, bei visueller nicht größer als ± 1,5 % Weißgrad sein.

Als Beispiel für ein lichtelektrisches Gerät wird das Leukometer vom VEB Zeiss, Jena, für ein Gerät auf visueller Meßgrundlage das Kugelreflektometer angegeben. Bei Verwendung des Leukometers erfolgt die Weißgradmessung mit Blaufilter, bei Kugelreflektometer mit Filter K 46 h. Zur Messung der Tönung wird bei dem Leukometer mit Rotfilter und bei dem Kugelreflektometer mit Filter K 61 gemessen. Sofern zur Messung eine Quecksilberhochdrucklampe verwendet wird, ist das Auge des Beobachters durch einen Schirm zu schützen. Als Vergleichswert verwendet man ein absolut geeichtes Bezugsnormal, das aus mechanisch und chemisch widerstandsfähigem und leicht zu reinigendem Material bestehen muß. Jedem Prüfgerät sind zwei Sätze, bestehend aus ein bis drei Normalen der Weißgrade von etwa 65, 75 und 85 %, zugeordnet. Während der eine Satz verwendet wird, wird der andere geeicht. Bei der Messung hochglänzender Proben ist ein geeichtes Bezugsnormal mit polierter Oberfläche zu verwenden.
Die Durchführung der Prüfung erfolgt so, daß an fünf vorliegenden Probebogen an jeder Seite zwei Messungen unter den im Abschnitt 1 der TGL angegebenen Bedingungen durchgeführt werden. Nach jeweils zehn Einzelablesungen oder nach drei bis fünf Minuten Meßdauer ist die Einstellung des Gerätes mit dem dem Reflexionsgrad der Probe nächstgelegenen Bezugsnormal zu vergleichen und gegebenenfalls nachzustellen.
Die Meßwerte werden auf 0,1 % (absolut) genau angegeben, und zwar bei lichtelektrischen Geräten durch eine einzige Ablesung, bei Geräten auf visueller Meßgrundlage durch Mittelwert von fünf Einzelablesungen. Das Endergebnis wird durch die arithmetischen Mittelwerte von je zehn Meßwerten dargestellt.

12.4.9. Bestimmung der Glättezahl

Die Glättezahl ist ein Maß für die Glätte von Karton und Pappe. Die erforderlichen Probebogen sind aus verschiedenen Teilen oder Stellen einer Anfertigung oder Lieferung zu entnehmen. Die Zahl der Probebogen richtet sich nach dem Umfang der Lieferung, soll aber nicht unter zehn liegen. Die ungefaltete Fläche der Probebogen soll möglichst A 3 betragen. Aus den Probebogen sind 20 Einzelproben von 5 × 5 cm zu schneiden. Sofern das für Karton und Pappe notwendig ist, sind davon je zehn Stück auf der Ober- und Unterseite zu prüfen. Bei der Auswahl der Proben ist darauf zu achten, daß dieselben knotenfrei sind. Die so vorbereiteten Proben sind bei Normklima mindestens 24 Stunden bis zur Erreichung des Gleichgewichtszustandes zu klimatisieren.
Zur Durchführung der Prüfung wird laut TGL 20104 ein Glättemesser nach *Bekk* oder ein entsprechendes eichfähiges Gerät verwendet, dessen Ergebnis mit den mit diesem Gerät gefundenen vergleichbar ist. Die Karton- oder Pappenprobe wird auf eine ebene Fläche gelegt und mit einem ringförmigen Druckstempel von 10 cm^2 Auflagefläche mit einem Druck von 1 kp/cm^2 angedrückt. Dann wird ein Unterdruck von 380 mm Quecksilbersäule erzeugt und die Zeit, innerhalb der der Unterdruck von 380 mm auf 360 mm Quecksilbersäule zurückgeht, in Sekunden gemessen. Die Glättezahl ist die Zeit in Sekunden, während der 10 cm^3 Luft von einem mittleren Druck einer halben Atmosphäre zwischen dem Druckstempel und der Karton- oder Pappenoberfläche hindurchströmen. Je glatter die Oberfläche ist, um so höher ist die Glättezahl. Je rauher die Oberfläche ist, um so niedriger ist die Glättezahl. Als Prüfungsergebnis wird das arithmetische Mittel aus zehn Messungen angegeben.

12.4.10. Mechanische Prüfung

12.4.10.1. Zugversuch

Bei dem Zugversuch werden die Reißkraft, die Bruchdehnung, die Reißlänge, die Zugfestigkeit und die Zugzerreißarbeit gemäß TGL 0-53 112 ermittelt.
Die beim Zugversuch gemessene maximale Kraft wird als Höchstkraft ermittelt und als Reißkraft P_{max} bezeichnet.

Die Dehnung beim Bruch δ_B ist der Quotient aus der Längenänderung Δl ursprünglicher Meßlänge l_0.

$$\delta_B = \frac{\Delta l}{l_0}.$$

Die Reißlänge R ist diejenige Länge eines Streifens von beliebiger, aber gleichmäßiger Breite und Dicke, bei der er durch die von seiner Masse bewirkten Kraft am Aufhängepunkt abreißen würde.

Die Zugfestigkeit δ_B ist der Quotient aus Reißkraft P_{max} und Anfangsquerschnitt F_0 der Probe.

$$\sigma_B = \frac{P_{max}}{F_0}.$$

Zugzerreißarbeit (Zugverformungsarbeit bis zum Bruch) Z_A ist die für eine bestimmte Probenlänge vom Beginn bis zur Reißkraft P_{max} der Probe aufgewendete Arbeit. Sie wird durch die Fläche $ACDA$ dargestellt und ist das Integral der Kraft über der Längenänderung (in der TGL bildlich dargestellt).
Die Probenahme hat nach der TGL 7583 und die Probenvorbehandlung nach der TGL 7585 zu erfolgen. Die Proben sind unter Verwendung eines scharfen Messers in Längs- und Querrichtung aus den Probeblättern zu schneiden. Dabei müssen die Ränder parallel verlaufen und dürfen nicht beschädigt sein. Die Streifen sollen 15 mm $\pm$ 0,1 mm breit und so lang sein, daß sie mit einer freien Einspannlänge von 180 mm in die Zugprüfmaschine eingespannt werden können. Die Entnahme der Prüfstreifen hat aus mindestens zehn Probebehältern zu erfolgen, und zwar für die Längs- und die Querrichtung.
Für die Durchführung der Prüfung wird die Zugfestigkeits-Prüfmaschine des VEB Prüfmaschinenwerk Leipzig verwendet. Die Probe wird mit einer Prüflänge von 180 mm in die Maschine eingespannt. Diese Einspannlänge wird mit l_0 bezeichnet. Die Zeit vom Beginn der Belastung bis zum Bruch des Streifens muß 20 s $\pm$ 5 s betragen. Die Berechnung der Meßergebnisse hat nach folgenden Formeln zu erfolgen:

$$\text{Dehnung beim Bruch } \delta_B = \frac{\Delta l}{l_0} 100\,[\%];$$

darin bedeuten: Δl = Verlängerung in mm.

$$\text{Reißlänge } R = \frac{l_0 P_{max}}{G}\,[\text{m}] \text{ oder } = \frac{10^6 P_{max}}{G_F b}\,[\text{m}];$$

hierin bedeuten:

R = Reißlänge in m
l_0 = Prüflänge der Probe in mm,
G = Masse der Probe innerhalb der Einspannklemmen in g,
P_{max} = Reißkraft in kp,
G_F = Masse je Flächeneinheit in g/m²,
b = Probenbreite in mm.

Zugfestigkeit $\delta_B = \frac{P_{max}}{a \cdot b} \cdot 100$ [kp/cm²];

hierin bedeuten:

a = Probendicke in mm,
b = Probenbreite in mm

Zugzerreißarbeit $Z_A = \eta \cdot P_{max} \cdot \Delta l$ [kpcm];

hierin bedeuten:

η = Flächenverhältnis $\frac{(ACDA)}{(ABCDA)}$,
P_{max} = Reißkraft in kp,
Δl = Längenänderung in cm bei der Reißkraft P_{max} einer Probe mit einer Prüflänge $l_0 = 180$ mm und einer Probenbreite $b = 15$ mm.

Für die Auswertung wird das arithmetische Mittel, getrennt nach Längs- und Querrichtung, gebildet und auch das Gesamtmittel angegeben.

Es gelten folgende Genauigkeitsangaben:

bei Reißkräften bis 5 kp: auf 0,01 kp gerundet,
bei Reißkräften über 5··· 50 kp: auf 0,1 kp gerundet,
bei Reißkräften über 50···100 kp: auf 0,5 kp gerundet,
bei Reißkräften über 100 kp: auf 1,0 kp gerundet.

Reißlänge R in m auf 50 m gerundet, Dehnung beim Bruch in % auf 0,2 % gerundet, Zugfestigkeit σ_B in kp/cm² auf 1 kp/cm² gerundet, Zugzerreißarbeit Z_w in kpcm auf 0,01 gerundet.

12.4.10.2. Bestimmung des Berstwiderstandes

Die Bestimmung dient der Ermittlung des Berstwiderstandes und der Wölbhöhe nach TGL 0-53113. Als Berstwiderstand (Berstdruck) B bezeichnet man den Widerstand, den eine kreisförmig eingespannte Probe einem einseitig verteilten Druck bis zum Bersten entgegensetzt. Der relative Berstwiderstand b ist der auf eine Masse G_f von 100 g/m² umgerechnete Berstwiderstand $b = \frac{B}{G_f} \cdot 100$. Die Wölbhöhe h_w ist die im Augenblick des Berstens gemessene Ausbeulung im Mittelpunkt der Probe. Die Entnahme der Probeblätter hat nach der TGL 7583 und die Probenvorbehandlung entsprechend der TGL 7585 zu erfolgen. Die Proben dürfen nicht geknickt und müssen

so groß sein, daß sie mit einer Prüffläche von 10 cm² oder von 100 cm² in das Prüfgerät eingespannt werden können. Vor Durchführung der eigentlichen Prüfung ist ein Vorversuch mit 10 cm² Prüffläche durchzuführen. Ist der Berstwiderstand < 8 kg/cm², so sind die weiteren Versuche mit dieser Prüffläche durchzuführen. Ist der Berstwiderstand > 8 kg/cm², so ist eine Prüffläche von 100 cm² zu wählen.
Als Prüfgerät verwendet man einen Berstdruckprüfer, dessen Druckraum mit einer Gummimembran von höchstens 1 mm Dicke abgedeckt ist. Die Einspannvorrichtung ist so eingerichtet, daß die freie Prüffläche der Probe unmittelbar auf der Gummimembran aufliegt und andererseits Gummimembran und Probe getrennt festgehalten werden, um ein Gleiten der Probe während des Versuches zu verhindern. Der über die Gummimembran auf die Probe wirkende Druck wird durch ein Manometer angezeigt, das mit Schleppzeiger und Rückschlagventil versehen ist.
Zur Durchführung des Versuches wird die Probe in den Berstdruckprüfer eingespannt und gleichmäßig ansteigend belastet. Die Zeit vom Beginn der Belastung bis zum Bersten der Probe soll 20 s $\pm$ 5 s betragen. Der von dem Widerstand der Gummimembran stammende Anteil des Berstdruckes ist gesondert zu bestimmen und von dem ermittelten Berstdruck abzuziehen. Dieser Anteil entspricht dem Druck, der notwendig ist, um die Gummimembran ohne Probe auf die gleiche Wölbhöhe zu bringen, bei der die untersuchten Proben bersten.

12.4.10.3. Bestimmung der Biegefestigkeit

Die Bestimmung der Biegefestigkeit erfolgt nach der TGL 12920. Die Biegefestigkeit von Pappe ist die Festigkeit, bezogen auf 1 mm² Probenquerschnitt, die aus dem Höchstwert der Biegekraft P_{max} ermittelt wird, der bei der Biegung um eine scharfe Kante bis zum Einreißen der äußeren Schicht auftritt. Der zum Höchstwert der Biegebruchkraft gehörende Biegewinkel ist der Biegebruchwinkel.
Die Probenentnahme hat aus verschiedenen Stellen oder Teilen einer Produktions- oder Liefereinheit in einer Menge von mindestens zehn Stück zu erfolgen. Die Größe der Proben soll mindestens 297 $\times$ 420 mm betragen. Die aus den Probestücken wahllos herausgenommenen fünf werden für die Herstellung der Proben verwendet. Aus jeder dieser Proben wird mindestens eine solche von 150 mm Länge und 50 mm Breite aus Längs- und Querrichtung entnommen. Diese Proben sind entsprechend der TGL 7585 an das Normklima anzugleichen und mindestens drei Tage zu klimatisieren. Die Prüfung hat auch bei diesem Klima zu erfolgen. Als Prüfgerät verwendet man den Biegefestigkeitsprüfer Naumann-Schopper. Die Einspannung erfolgt mit Klemmen, die in einem Winkel von 45° verschiebbar sind, so daß der Abstand der oberen freien Einspannlänge stets die doppelte Dicke der Probe hat. Die Einspannlänge der entgegengesetzten Seite ist gleich Null. Damit werden alle Faserschichten während des Biegens auf Zug beansprucht. Das Gerät hat zwei Meßbereiche, die Höchstbelastungen von 5 kp und 25 kp zulassen. Die Bestimmung der Dicke erfolgt nach TGL 11656. Zur Bestimmung der Biegebruchkraft und des Biegebruchwinkels wird die Probe fest in die Klemmen eingespannt. Das Biegen der Probe erfolgt durch Drehen des Handrades mit einer Drehzahl von 30···40 min^{-1} so lange, bis die äußere Faserschicht platzt und dadurch eine rückläufige Bewegung der Biegekraft angezeigt wird. Die Ablesung hat bei der 25-kp-Skala auf 0,1 kp, und bei der 5-kp-Skala auf 0,5 kp genau zu erfolgen. Der Biegebruchwinkel ist auf 1° genau abzulesen. Zur Auswertung von zehn Einzelmessungen ist für die Dicke a und die Biegedruckkraft P_{max}

das arithmetische Mittel zu bilden. Die Errechnung der Biegefestigkeit erfolgt nach der Formel:

$$K_b = \frac{3P_{max}}{a^2} \text{ [kp/mm}^2\text{]};$$

es bedeuten darin:

K_b = Biegefestigkeit in kp/mm²,
P_{max} = Biegebruchkraft in kp,
a = Dicke in mm.

12.4.10.4. Bestimmung des Falzwiderstandes

Der Falzwiderstand ist die Anzahl der Doppelfalzungen, die ein Prüfstreifen bis zum Bruch aushält. Entsprechend dem in der TGL 6988 festgelegten Meßprinzip wird ein Probestreifen unter einer Vorspannkraft eingespannt und erhält durch einen hin- und hergehenden Schieber mit Schlitz so lange eine wechselseitige Falz- bzw. Biegebeanspruchung, bis die durch Falzung geschwächte Stelle reißt. Für die Abmessungen der Probestreifen gelten folgende Bestimmungen: Dicke 0,25 bis 1,4 mm, Streifenbreite 15 ± 0,1 mm, Streifenlänge 140 mm, freie Einspannlänge 130 mm. Als Prüfgerät wird der Schopper-Falzer verwendet. Die Einstellung des Prüfgerätes bei Karton ist folgende: Schlitzbreite $b = 2$, Rollendurchmesser $d = 10$, Abstand zwischen Rolle und Schieber $e_1 = 2$, Rollenabstand $e_2 = 2$, Schlitzabrundung $r = 0{,}5$, Schieberdicke $s = 1{,}0$, Vorspannkraft in p = 1065, Zugkraft bei größter Auslenkung in p = 1300. Die Ermittlung der Doppelfalzungen erfolgt bei einer Frequenz von 100 bis 120 min⁻¹.

12.4.10.5. Bestimmung der Härte von Pappen

Die Prüfung der Härte erfolgt bei Pappen mit einer Mindestdicke von 2 mm. Die Prüfung erfolgt bei Kofferpappen, Schuhpappen, Preßspan und Vulkanfiber gemäß TGL 12921. Die Härte von Pappen (Kugeldruckhärte) wird durch die Eindrucktiefe gekennzeichnet, die durch eine Stahlkugel von 5 mm Durchmesser bei einer konstanten Kraft von 50 kp in der Pappenoberfläche entsteht. Die Probenahme erfolgt an verschiedenen Stellen oder Teilen einer Produktions- oder Liefereinheit durch mindestens 10 Probestücke, die mindestens ein Format von 297 × 420 mm haben. Aus diesen Probestücken sind fünf wahllos zu entnehmen und auf 148 × 210 mm zu schneiden. Die Proben werden entsprechend der TGL 7585 an das Normklima angeglichen und dabei mindestens drei Tage klimatisiert. Die Prüfung erfolgt bei dem gleichen Klima. Das Prüfgerät ist eine Druckpresse mit einem auf Schneiden ruhenden Belastungsbalken als Druckgeber. Das abermals auf Schneiden lagernde Querhaupt des Balkens drückt auf den Druckstempel, an dessen unterem Ende der Druckkörper angesteckt ist. Eine Ölbremsvorrichtung bewirkt eine stoßfreie Einwirkung der Druckkräfte auf die Probe. Durch eine Kurbel werden die Schneiden entlastet. Zur Aufnahme der Proben dient eine durch Handrad verstellbare Spindel. Der Eindrucktiefenmesser muß auf 0,01 mm genau anzeigen. Der Druckkörper ist eine Stahlkugel von 5 mm Durchmesser, und die Belastung beträgt 50 kp. Zur Durchführung der Prüfung ist das Prüfgerät zunächst zu entlasten, die Probe auf die Auflageplatte zu legen und durch Drehen mit dem Handrad so weit aufwärts zu be-

wegen, bis der Druckstempel über der Probe den Eindrucktiefenmesser etwa auf den Nullpunkt bringt. Dadurch entsteht eine Vorlast von 1 kp. Dann wird der Eindrucktiefenmesser auf Null einreguliert und die Kurbel auf Belastung gestellt. Nach 60 Sekunden wird die Eindrucktiefe auf 0,01 mm genau abgelesen. Aus zehn Einzelmessungen, die an der Ober- und Siebseite durchgeführt wurden, ist das arithmetische Mittel zu bilden und für die Berechnung einzusetzen. Die Berechnung der Härte hat nach folgender Formel zu erfolgen:

$$H = \frac{P}{\pi d h} = \frac{C}{h} = \frac{31{,}83}{h}\,[\mathrm{kp/cm^2}];$$

darin bedeuten:

H = Härte in kp/cm²,
P = Kraft (50 kp),
d = Kugeldurchmesser,
h = Eindringtiefe in cm.

12.5. Kontrolle der Abwässer

Wie bereits unter Ziffer 9.8. erwähnt, spielt der Wasserhaushalt eines karton- oder pappenerzeugenden Betriebes eine bedeutsame Rolle für die Selbstkostenentwicklung eines Erzeugnisses, die sich hier besonders im Faserstoffhaushalt ausdrückt.
Den Wasserhaushalt kann aber nur derjenige steuern, der eine genaue Kontrolle und Übersicht hat, denn ohne konkretes Wissen lassen sich keine Veränderungsmaßnahmen einleiten. Um Rückschlüsse für notwendige Veränderungen ziehen zu können, muß eine ständige Überwachung des gesamten Wasserkreislaufes und besonders der abfließenden Abwässer erfolgen. Daraus ist festzustellen, wie hoch die Rückstände sind, wobei besonders die Faserstoffe interessieren. Zum anderen können aus diesen Ermittlungen Rückschlüsse auf die Arbeitsweise, die Belastung und den Wirkungsgrad der Rückgewinnunganlagen gezogen werden.
Grundsatz muß es stets sein, daß die Wassermengen, die den Betrieb verlassen, so arm wie möglich an Faserstoffen und Füllstoffen sind. Jede unnötig verbrauchte Tonne Rohstoff belastet das Erzeugnis sowie die Vorfluter, für deren Zufluß ein Feststoffgehalt von nicht mehr als 30 mg/l anzustreben ist, und widerspricht volkswirtschaftlichen Interessen.
Die Ermittlung der Abwassermengen kann auf die verschiedenste Weise erfolgen, wobei nachstehend einige spezielle Methoden erläutert werden.

12.5.1. Abwassermessung mit Hilfe von Meßbehältern

Der hierzu zu verwendende Behälter muß so groß sein, daß die anfallende Abwassermenge für den Zeitraum von mindestens 30 s eingeleitet werden kann. Bild 229 zeigt das Einbauschema eines derartigen Behälters. Zur Ermittlung der in der Zeiteinheit eingeleiteten Menge ist eine Meßlatte angebracht. Die für das Füllen des Behälters bis zu einer bestimmten Höhe notwendige Zeit wird mittels einer Stoppuhr gemessen. Aus diesen beiden Werten läßt sich dann die Abwassermenge je Zeiteinheit berechnen. Gleichzeitig wird aus der gemessenen Wassermenge eine Probe zur Bestimmung des

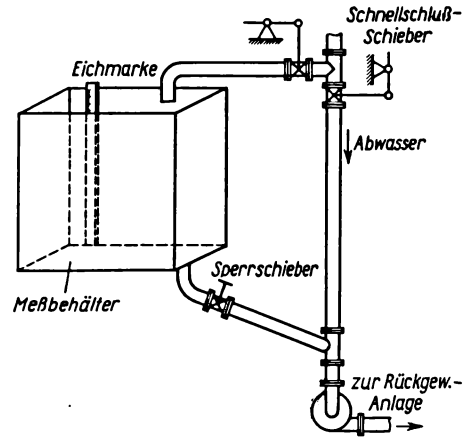


Bild 229. Abwassermengenmessung mit Behälter

Faser- und Füllstoffgehaltes entnommen. Die Berechnungen erfolgen dann nach einer von *Klemm* [117] vorgeschlagenen Methode wie folgt:

Q_M = an der Eichmarke abgelesene Wassermenge in l,
t_M = mit Stoppuhr ermittelte Zeit in s,
g_s = Stoffdichtebestimmung in %,
g_A = Aschebestimmung in %,
g_a = Aschegehalt des Faserstoffes in %.

$$\text{Suspensionsmenge (Abwassermenge)} = Q_s = \frac{Q_m \cdot 6}{t_m \cdot 100}\ [\mathrm{m^3/min}];$$

$$\text{Feststoffmenge } G_s = Q_s \cdot g_s \cdot 10 \quad [\mathrm{kg/min}];$$

$$\text{Füllstoffmenge } G_A = G_s \frac{g_A \cdot g_a}{100}\ [\mathrm{kg/min}];$$

$$\text{Zusammensetzung des Abwasserstromes: } Q = Q_s - \frac{G_s}{1000} = [\mathrm{m^3/min}];$$

$$\text{Fasermenge} = G_F = g_s - g_A \quad [\mathrm{kg/min}];$$

$$\text{Füllstoffmenge} = G_H\ [\mathrm{kg/min}].$$

12.5.2. Abwassermessung mit Hilfe von Wehren

Eine andere Methode ist der Einbau von Wehren in Kanäle, wie sie im Bild 230 gezeigt wird. Der wichtigste Teil der Meßeinrichtung ist das Wehrprofil, dessen Abmessungen genau festgelegt sein müssen, das zur Vermeidung von Veränderungen zweckmäßig aus Metall hergestellt wird und dessen Kante zur Abflußseite abgeschrägt ist. Entsprechend diesem bekannten Profil ist dann lediglich die Höhe abzulesen, wobei darauf zu achten ist, daß die Meßstelle entsprechend den in der Tabelle gemachten Entfernungsangaben, von der Wehrkante aus gerechnet, angelegt wird. Bei der Meßstelle muß diese Entfernung eingehalten werden, damit keine Beeinflussung der Messung durch unruhige Wasseroberfläche unmittelbar am Wehrüberlauf erfolgt. Entsprechend dem abgelesenen Meßwert H kann aus dem Kurvenblatt unter Zuhilfenahme der für den Wehrausschnitt B gültigen Kurve die Suspensions-

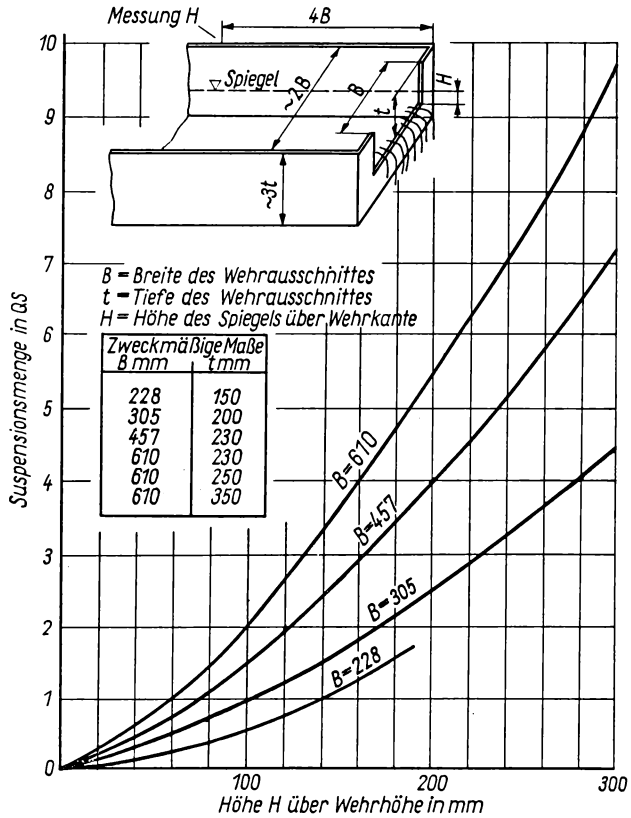


Bild 230
Abwassermengenmessung mit Wehren

menge Q_s direkt abgelesen werden. Die Berechnungen erfolgen dann wie unter Ziffer 12.5.1. erläutert.

12.5.3. Kontinuierliche Probeentnahme zur Ermittlung der Abwasserverluste

Um einen genauen Überblick über die Abwasserverluste zu erhalten, die über einen längeren Zeitraum auftreten, und daraus die richtigen Schlußfolgerungen zur Veränderung des Zustandes ziehen zu können, ist es notwendig, die Abwassermessungen dort vorzunehmen, wo alle Abwässer zusammenfließen. An dieser Stelle ist sowohl die Abwassermenge als auch der Faser- und Füllstoffanteil zu messen. Es ist unbedingt darauf zu achten, daß die Kontrollen in allen Schichten durchgeführt werden. Die Meßergebnisse sollen täglich ausgewertet werden. Es ist zweckmäßig, die Ergebnisse auch in den Wettbewerb mit einzubeziehen, da das wesentlich zur Verlustsenkung beitragen kann. Für die Probenahme sind verschiedene Methoden anwendbar. Bild 231 zeigt einen Vorschlag für eine Vorrichtung, die sehr einfach ist und gute Durchschnittsproben ermöglicht. Mittels einer Wasserstrahlpumpe (a), die mit einem Unterdruck von mindestens 25 cm QS arbeitet, wird eine Kammer bzw. ein Behälter evakuiert und damit Quecksilber durch das Rohr von 3 mm Durchmesser aus einem

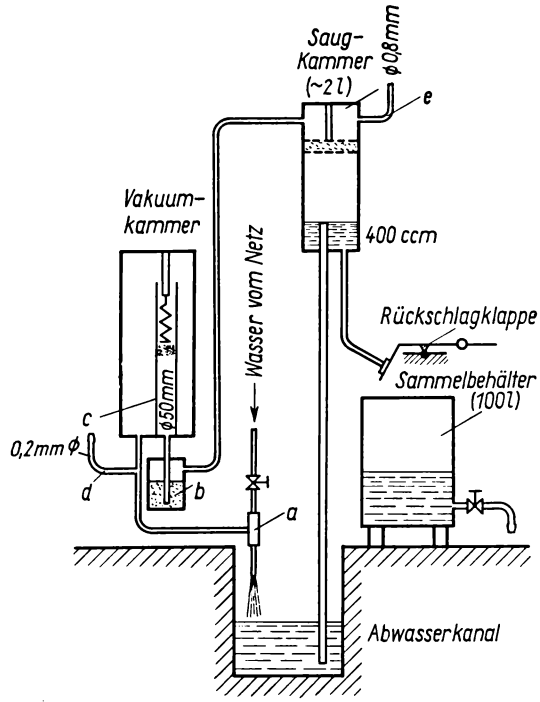


Bild 231
Vorrichtung zur Abwassermessung

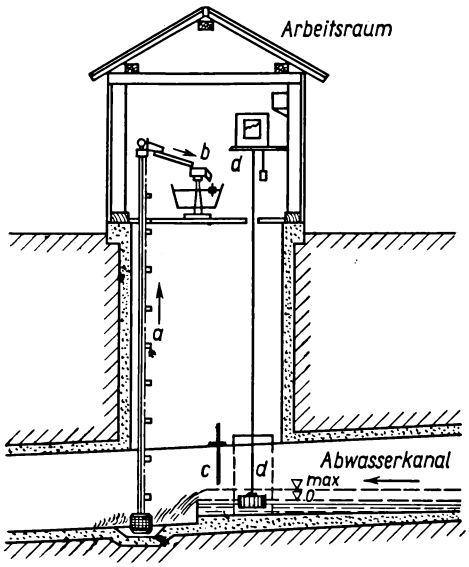


Bild 232. Abwasserkontrollstation

Quecksilberbehälter (b) in den Behälter (c) gesaugt. Sobald so viel Quecksilber angesaugt ist, daß das 3-mm-Rohr frei ist, wirkt das Vakuum auf die Saugkammer. Dadurch wird über das in den Abwasserkanal hineinreichende Rohr Wasser hochgesaugt, weil das Vakuum die Rückschlagklappe schließt. Durch das Einströmen von Luft durch das Rohr (e) mit 0,8 mm Durchmesser sinkt das Vakuum ab und geht auf Null zurück. Jetzt läuft das nach (c) angesaugte Quecksilber zurück nach (b), und der Vorgang beginnt von vorn. Durch das Absinken das Vakuums auf Null öffnet sich die Rückschlagklappe, und das in der Saugkammer verbliebene Wasser läuft in einem Sammelbehälter ab. Zur Ausführung der Apparatur gibt *Klemm* folgende Hinweise: Die Probemenge soll nicht unter 50 Liter in acht Stunden betragen. Die günstigste Menge der Probeentnahme beträgt drei Stück je Minute, wobei je Probe 400 cm^3 entnommen werden sollten. Die Höhe der Saugkammer soll dem fünffachen Volumen entsprechen, bezogen auf die Probemenge, damit kein Abwasser in das Saugrohr treten kann. Im Bild 232 wird eine Abwasserkontrollstation gezeigt, die kontinuierlich Proben entnimmt und die Wassermenge registriert. Die Probenentnahme erfolgt mittels des Becherwerkes (a), das diese auf ein Probenverteilgerät (b) fördert. Das Gerät ist so gebaut, daß die Proben für eine bestimmte Zeit in einen dafür bestimmten Behälter geleitet werden und dann auf den nächsten umgeschaltet wird. Vor dem Meßwehr (c) ist ein Schwimmer (d) eingebaut, der auf ein Registriergerät geschaltet ist. Damit ist eine laufende Kontrolle der Abwassermengen möglich, und man erhält eine gute Durchschnittsprobe für einen bestimmten Zeitraum, die gleichzeitig zur Ermittlung des Faser- und Füllstoffgehaltes verwendet werden kann.

13. Fehler der Pappen und ihre Ursachen

13.1. Blättern oder Spalten der Pappen

Bei der Herstellung mehrlagiger Erzeugnisse, besonders bei Wickelpappen, aber auch solchen, die auf Kartonmaschinen erzeugt werden, tritt nach der Trocknung mitunter ein Lösen der einzelnen Lagen voneinander auf. Für diese Erscheinung gibt es verschiedene Ursachen. Oft sind sie in der unterschiedlichen Stoffzusammensetzung und der Mahlung der einzelnen Lagen, aber auch in der Maschinen- und Pressenarbeit und nicht zuletzt auch in der Trocknung zu suchen. Sofern die Stoffe zu rösch sind, verfilzen sie sich schlecht und geben damit nicht die notwendige Bindung der einzelnen Lagen untereinander. In diesem Falle ist die Bahn zu schnell entwässert und kommt dadurch zu trocken auf die Formatwalze oder in die Pressenpartie und die Trockenpartie der Kartonmaschine. Im umgekehrten Falle, d. h., wenn der Stoff zu schmierig ausgemahlen ist, führt er bis zur Formatwalze oder zu den weiteren Gruppen der Kartonmaschine zu viel Wasser mit, so daß die Lagen gegeneinander verschoben werden, wodurch eine innige Verbindung untereinander verhindert wird. Die Folge davon ist, daß sich die Lagen nach dem Trocknen leicht voneinander trennen. Ähnliche Erscheinungen findet man auch bei Kartonmaschinen, wenn die Stoffe der einzelnen Lagen nicht den richtigen Mahlungsgrad aufweisen, d. h., wenn sie nicht aufeinander abgestimmt sind. Es muß aber auch darauf geachtet werden, daß die Gautsch- und Abnahmewalzen nicht zu hart sind, damit keine zu starke Entwässerung und Pressung eintritt. Die einzelnen Lagen dürfen auch nicht zu stark gehalten werden, die Masse der Elementarlagen muß sich immer nach dem Stoffcharakter richten. Dabei kann man z. B. bei Graupappen, die auf Wickelpappenmaschinen gearbeitet werden, mit einer Masse der Elementarlagen bis zu 120 g/m² arbeiten. Bei Hartpappen, deren Stoff höher ausgemahlen ist, sollte man nicht über 65 g/m² gehen. Es ist aber besonders darauf zu achten, daß die Entwässerung auf dem Rundsieb nicht zu weit getrieben wird, weil der Abnahmefilz bekanntlich noch weiter entwässert. Die Filze müssen so gewählt werden, daß sie dem Stoff angepaßt sind und entsprechend der Masse der Elementarlage so viel Wasser mitführen, wie für eine einwandfreie Verfilzung der einzelnen Lagen untereinander benötigt wird. Zu beachten ist weiterhin, daß die Verdünnung des Stoffes im Rundsiebkasten richtig eingestellt und gleichmäßig gehalten wird. Zu vermeiden ist ferner eine zu hohe Entwässerung auf dem Rundsiebzylinder selbst, indem der Höhenunterschied zwischen dem Stoffspiegel im Zylinderkasten und Wasserspiegel innerhalb des Rundsiebes nicht zu groß gehalten wird.

Bei Wickelpappen ist auf die Pressenarbeit besonderer Wert zu legen. Es dürfen nicht zu hohe Stapel zwischen den einzelnen Preßblechen eingesetzt werden. Entsprechend der Pappensorte ist der Preßvorgang von Fall zu Fall zu steuern. Das gilt ganz besonders beim Vorliegen schmieriger Stoffe. Es ist zunächst langsam zu pressen, und erst dann, wenn der größte Teil des Wassers entfernt ist, ist zunehmend stärkerer Druck anzuwenden. Die Lufttrocknung hat bei richtig gearbeiteten Pappen keinen

Einfluß auf das Spalten der Pappen. Dagegen sind zu hohe Anfangstemperaturen bei technischer Trocknung sowohl im Trockner als auch in der Trockenpartie gefährlich und fördern das Spalten oder Blättern.

13.2. Blasenbildung

Hauptsächlich bei mehrlagigen Kartonsorten ist die Blasenbildung eine nicht selten auftretende Erscheinung, die oft schon auf der Rundsiebpartie selbst, und zwar dadurch entsteht, daß durch eine zu große Wirbelung des Stoffwassers Luft eingezogen wird, wenn der Wasserspiegel im Rundsiebzylinder zu niedrig gehalten wird. Dadurch bilden die Rundsiebstäbe Wirbel beim Durchlaufen durch das Wasser. Diese Wirbelbildung führt aber gleichzeitig dazu, daß der auf dem Sieb bereits angesetzte Stoff wieder abgeschlagen und dadurch das Blatt beschädigt wird, d. h., es entstehen dicke und dünne Stellen. Eine sehr oft auftretende Erscheinung ist die Bildung von Luftblasen in der Vorpressenpartie oder auch erst vor der ersten oder zweiten Presse. Die Ursachen hierfür liegen in der Beschaffenheit des Stoffes. Das tritt besonders dort stark auf, wo viel Altpapier mit hohem Füllstoffanteil verwendet wird bzw. der Mahlungsgrad des Stoffes zu hoch ist. Damit wird das Fasergefüge auf der Maschine zu dicht, so daß die Luft nicht schnell genug entweichen kann. Zu achten ist aber auch darauf, daß geeignete Filze verwendet werden, die gut durchlässig sind. Eine weitere Notwendigkeit ist das Vorhandensein geeigneter Filzwäschen, die die Filze stets offen halten sollen. Zu dichte und verschmierte Filze fördern die Blasenbildung. Man sollte deshalb immer darauf achten, daß zum Waschen der Filze Spritzrohre mit einem hohen Wasserdruck vorhanden und darüber hinaus noch zusätzlich Vickery-Filzinstandhalter eingebaut sind, die möglichst je nach Maschinenbreite mit zwei oder mehreren Schuhen ausgerüstet sind. Vorteilhaft ist es auch, zusätzlich Rohrsauger, vor allem an langen Abnahmefilzen, einzusetzen und für diese auch noch zusätzliche Randspritzrohre einzubauen, da hier besonders große Gefahr des Zusetzens besteht. Extraktor- und Saugpressen wirken der Blasenbildung durch den Luftentzug entgegen.
Aber auch auf dem Glättzylinder tritt oft eine Blasenbildung auf. Die Ursache liegt in dem Mahlungszustand der Decke. Infolge zu hoher Ausmahlung wird die Decke zu dicht, so daß der Wasserdampf, der sich zwischen den Lagen bildet, nicht schnell genug entweichen kann. Dadurch wird die Decke dann abgehoben, und es erscheinen Blasen.

13.3. Krümmen und Rollen der Pappen

Von Kartons und Pappen verlangt man vor allem bei den Sorten, die in Formaten geliefert werden, daß sie im Interesse einer einwandfreien Verarbeitbarkeit absolut flach liegen. Das oft auftretende Krümmen oder Rollen der Formate, das vor allem bei schwachen Sorten auftritt, hat seine Ursache in verschiedenen Gründen. Sowohl die Stoffmahlung als auch die Blattbildung, die Pressung und Trocknung haben einen wesentlichen Einfluß auf diese ungünstigen Eigenschaften. Nicht zuletzt ist aber auch eine zu hohe Zugspannung bei der Herstellung auf der Kartonmaschine sowohl in der Naß- als auch der Trockenpartie die Ursache. Oft liegen die Fehler auch in unsachgemäßer Lagerung des Fertigerzeugnisses, in zu feuchten oder zu trockenen Räumen.

Es ist also darauf zu achten, daß bei den Sorten, von denen ein gutes Flachliegen verlangt wird, nicht mit zu hohen Mahlungsgraden gearbeitet wird, weil bekanntlich schmierig ausgemahlene Stoffe sich unter dem Einfluß von Feuchtigkeit besonders stark verändern. Um eine gute Flachlage zu erhalten, soll der Stoff rösch, aber nicht zu lang gemahlen sein. Zusätze von Holzschliff und Füllstoff begünstigen ebenfalls die Flachlage. Auch bei der Trocknung ist darauf zu achten, daß diese gleichmäßig erfolgt, nicht zu heiß getrocknet und vor allem nicht mit zu hohen Anfangstemperaturen gearbeitet wird. Wichtig ist auch eine gute Kühlung der Bahn am Ende der Trockenpartie. Bei Wickelpappen findet man das Krümmen vor allem dort, wo die Ränder infolge intensiver Trocknung zu schnell trocknen.

13.4. Keilige Pappen

Ein Qualitätsmangel, der sich vor allem bei den Sorten zeigt, die auf Rundsiebmaschinen gearbeitet werden, besteht darin, daß die Pappen „keilig" werden. Als keilig bezeichnet man solche Kartons und Pappen, die auf der einen Seite dicker sind als auf der anderen. Die Ursachen für das Keiligwerden sind auch wieder verschiedener Art. Sie sind in der Hauptsache im Rundsiebkasten und in der Arbeit des Rundsiebes, nicht zuletzt im Stoffauflauf zum Rundsieb selbst zu suchen. Einmal kann der Zylinder nicht in der Waage liegen, so daß sich auf der tieferliegenden Seite mehr Stoff ansetzt und der Zylinder damit mehr Stoff aufnimmt. Eine Ursache, die vielfach zu keiligen Kartons und Pappen führt, ist die ungleichmäßige Wasserabführung aus dem Rundsiebzylinder. Dadurch wird auf der stärker auftragenden Seite ein zu starker Sog erzeugt. Die Folge ist eine stärkere Stoffaufnahme auf dieser Seite. Der Wasserablauf darf aber auch nicht mit zu hoher Strömung erfolgen. Auch der Stoffstau im Zylinderkasten soll nicht zu hoch gehalten werden, weil das zu Stoffablagerungen an einer Seite führen kann. Das kann unterschiedlich auf der einen oder der anderen Seite und auch während des Betriebes wechselnd auftreten. Der Stoffauflauf zum Rundsiebkasten muß auf jeden Fall sehr gleichmäßig sein, d. h., es ist dafür zu sorgen, daß der Rundsiebkasten stets saubergehalten wird. Besonders dort, wo mit hohen Altpapiereinträgen gearbeitet wird oder wo man große Mengen Braunschliff verwendet, bestcht die akute Gefahr der Schleimablagerungen und -ansätze. Dadurch tritt eine Veränderung der Strömungsverhältnisse im Auflauf ein, was zu ungleichmäßiger Stoffzuführung zum Rundsieb führt. Die gleichmäßige Belastung der Abnahmewalze ist ebenfalls eine Vorbedingung für gleichmäßige Kartons und Pappen. Auf der weniger pressenden Seite werden die Pappen voluminöser und somit dicker, d. h. keilig. Auch eine gute Reinhaltung der Filze ist eine weitere Vorbedingung für Gleichmäßigkeit.

13.5. Quetschfalten

Bei der Satinage oder dem Glätten der Wickeldpappen treten oft Quetschfalten auf. Sie entstehen durch eine ungleichmäßige Trocknung. Das ist vor allem dann der Fall, wenn die Trocknung der Ränder zu schnell und zu scharf erfolgte und danach keine genügende Feuchtung durchgeführt wurde. In solchen Fällen geben die Ränder beim Glätten nicht nach, und es bilden sich Falten. Auch solche Pappen, die noch in

Lufttrockenböden oder Hängetrocknern getrocknet werden, weisen nach dem Glätten oftmals Quetschfalten auf. Ursache dafür können die zum Aufhängen verwendeten Klammern sein, wenn sie die Pappen mit zu hohem Druck gehalten haben und damit der Schrumpfung Widerstand leisteten.

13.6. Runzeln und Schnallen

Besonders bei Wickelpappen tritt nicht selten eine Runzelbildung auf, die ihre Ursache einzig und allein in der Arbeitsweise der Pappenmaschine hat, wobei kurz gemahlener Stoff die Runzelbildung noch fördert. Die Gründe unzureichender Maschinenarbeit sind darin zu suchen, daß entweder die Abnahmewalze ungleichmäßig vom Rundsieb abnimmt oder die Formatwalze nicht einwandfrei arbeitet. Das ist dann der Fall, wenn bei zunehmender Pappendicke die Formatwalze nicht leicht genug hebt, weil die Schiebelager zu schwer gehen. Auch die untere Preßwalze kann der Urheber sein, wenn ihr Durchmesser zu gering und damit eine zu kleine Preßfläche vorhanden ist. Dadurch wird der Liniendruck zu stark, und es tritt ein Verschieben der einzelnen Lagen gegeneinander ein. Auch zu feuchte Bahnen sind oft die Ursache, weil durch die plötzliche und starke Entwässerung unter der Formatwalze sich die Lagen verschieben. Auch eine zu steile Einführung des Naßfilzes begünstigt eine Schnallenbildung, weil in diesem Falle die Formatwalze die noch nasse Bahn auf dem Filz verschiebt. Ursache zur Runzelbildung kann auch ein unruhiger Lauf des Rundsiebzylinders sein, der dadurch hervorgerufen wird, daß die Dichtungsbänder zu stark angezogen sind, wodurch ein zeitweises kurzes Rucken des Zylinders durch die zu starke Bremsung eintritt.

Die Bilder wurden nachstehenden Veröffentlichungen entnommen bzw. von folgenden Firmen zur Verfügung gestellt:

Allgemeine Papierrundschau: Bilder 63, 132, 145, 147, 150, 154
Black-Clawson-Mitteilungsblatt: Bilder 61, 68, 106, 107, 195, 196
Celluloza si Hirtie: Bild 34
Das Papier: Bilder 16, 27, 81, 82, 83, 92, 94, 96, 103, 104, 114, 118, 120, 131, 133, 134, 142, 144, 173, 184, 212, 215, 216
Egger, Emile & Co, Pumpenbau, Cressier/Schweiz: Bilder 80, 99, 105
Escher-Wyss, Maschinenfabrik, Ravensberg: Bilder 6, 7, 9, 10, 72b, 73, 152, 183
Häusser-Originalbild: Bild 224
Hentschel, Chemische Technologie der Zellstoff- und Papierherstellung: 8, 11, 14, 22, 24, 28, 49, 59, 86, 116
Hoyer, F., Papierlexikon: Bilder 1, 45, 47, 50, 51, 52, 55, 148, 161, 165, 167, 180, 185, 226
Keim, K., Das Papier: Bild 53
Kernforschung und Kerntechnik: Bilder 93, 213, 214
Kleinewefers, Joh. Söhne, Maschinenfabrik, Krefeld: Bilder 199, 225
Klemm, H. K., Faserrückgewinnung und Wasserhaushalt in Papierfabriken: Bilder 48, 204, 209, 229, 230, 231, 232
Kohlmann, H., G. m. b. H., Industrieeinrichtungen, Frankfurt/Main: Bild 179
La Papeterie: Bild 43
Mack, H., Altpapieraufbereitung: Bilder 56
Müller, F., Papierfabrikation und deren Maschinen: Bild 164
Nebrich-Originalbild: Bild 138
OEEC., Die Zellstoff- und Papierindustrie in den USA: Bild 157
Roca-Katalog: Bild 60
Runkel, R., Halbzellstoffe: Bilder 19, 30, 31, 32, 88
Spooner-Katalog: Bilder 169, 170, 171, 172
VEB Feutron, Greiz: Bild 211
VEB Papierfabrik Schwedt/Oder: Bilder 160, 227
VEB Papiermaschinenwerke Freiberg: Bilder 57, 65, 66, 74, 79, 84, 85, 95, 151, 175a, 181, 217, 219, 220, 221, 228
VEB Starkstrom-Anlagenbau Karl-Marx-Stadt: Bild 189
Voith, I. M., Maschinenfabrik, Heidenheim/Brenz: Bilder 15, 39, 41, 42, 54, 62, 69, 70, 72a, 76, 78, 92, 100, 101, 102, 111, 112, 143, 146, 149, 158, 159, 162, 163, 175b, 186
Wochenblatt für Papierfabrikation: Bilder 23, 44, 77, 108, 166, 174, 187, 188, 190, 191, 192, 193, 194, 198, 222, 223
Zellstoff und Papier: Bilder 3, 4, 5, 12, 13, 17, 18, 20, 21, 25, 33, 35, 36, 37, 40, 46, 58, 64, 67, 71, 89, 90, 97, 98, 109, 110, 113, 115, 117, 119, 121, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 135, 136, 139, 140, 141, 153, 155, 156, 168, 176, 177, 178, 182, 197, 200, 201, 202, 203, 205, 206, 207, 208, 210, 218

Literaturverzeichnis

[1] *Kirchner, E.,:* Die Pappenfabrikation. Biberbach a. d. Riss (Wttbg.): Güntter-Staib-Verlag 1906, Seite 3—4

[2] *Keim, K.:* Das Papier, 2. Auflage. Stuttgart: Otto Blersch-Verlag 1956, Seite 59—60

[3] *Hoyer, D.:* Der Rohstoff Pappe, seine Herstellung, seine Sorten, seine Fehler und deren Ursachen. Papier und Druck, Teil Zellstoff und Papier, 1. Jahrg. Heft 1, S. 9

[4] *Klemm, P.:* Papier, Karton und Pappe. Wochenblatt für Papierfabrikation (Sondernummer 1933)

[5] Statistisches Jahrbuch der Deutschen Demokratischen Republik, Jahrgang 1960/61, Seite 508 und 580, 1964 Seite 316 und 318

[6] *Kraft, G.:* Die Produktion von chemischem Holzschliff in der UdSSR. Zellstoff und Papier, Heft 11 (1961) Seite 425—430

[7] Statistisches Jahrbuch der DDR. Allgemeine Papierrundschau, Heft 13 (1964), Seite 871—872

[8] *Hoyer, F.:* Papierlexikon, Bd. I. Leipzig: Dr. Sändig Verlagsgesellschaft 1944, Seite 571 und 846—857

[9] *Kotte, H.:* Allgemeine Papierrundschau, Heft 4 (1952)

[10] *Hoyer, F.:* Papierlexikon, Bd. I. Leipzig: Dr. Sändig Verlagsgesellschaft 1944, Seite 1117

[11] *Schumann, Willy.:* Natriumaluminat als Papierhilfsmittel. Wochenblatt für Papier fabrikation, Heft 3 (1961), Seite 100—103

[12] *Brandlhofer, F.:* Die moderne Füllstoffaufbereitung. Zellstoff und Papier, Heft 1 (1964), Seite 5—7

[13] *Gläser, H.:* Die Einflüsse der Fällzeit, Lagerungsweise und Vorbehandlung des Fichtenfaserholzes auf den Entrindungsvorgang bei der Naßreibungsentrindung. Das Papier, Heft 12 (1960), Seite 710—718

[14] VEB Papiermaschinenwerke, Freiberg: Prospekt Nr. 110

[15] *Schwartz:* Entwicklungstendenzen im Schleifereiwesen. Zellstoff und Papier, Heft 12 (1959), Seite 457

[16] *Kraft, F.:* Entwicklung der Zellstoffbleiche in Nordamerika. Das Papier, Heft 10a (1961), Seite 519

[17] *Hofmann, C.:* Praktisches Handbuch der Papierfabrikation (3., umgearbeitete Auflage), Teilband Holzschleiferei. Berlin SW 11: Verlag von Carl Hofmann GmbH 1926, Seite 103

[18] *Hoyer, F.:* Papierlexikon, Bd. I. Leipzig: Dr. Sändig Verlagsgesellschaft 1944, Seite 737

[19] *Fenchel, U.:* Untersuchungen über die Entrindungsfähigkeit von Pappelholz bei thermischer Vorbehandlung und nachfolgender Trommelung. Wochenblatt für Papierfabrikation, Heft 18 (1958), Seite 794—796

[20] *Sörgel, G.:* Über einige Probleme bei der Herstellung von Chemischem Holzschliff. Zellstoff und Papier, Heft 9 (1960), Seite 334

[21] *Luhde, F.:* Holzstoff aus chemisch imprägnierten und nichtimprägnierten Hackschnitzeln nach dem Bauerite-Verfahren. Wochenblatt für Papierfabrikation, Heft 9 (1960), Seite 339—345

[22] *Luhde, F.:* Der Aufschluß des Holzes beim Schleifverfahren und beim Hackschnitzel-Refiner-Verfahren. Das Papier, Heft 11 (1962), Seite 659

[23] *Kraft, F.:* Entwicklung der Zellstoffbleiche in Nordamerika. Das Papier, Heft 10a (1961), Seite 520—521
[24] *Runkel, R. O. H.*, und *K. F. Patt:* Halbzellstoffe. Biberach a. d. Riss: Güntter-Staib-Verlag 1958, Seite 14
[25] *Crönert, Dr.:* Entwicklungsrichtungen der europäischen Halbzellstoffherstellung. Zellstoff und Papier, Heft 7 (1961), Seite 260
[26] *Crönert, Dr.:* Entwicklungsrichtungen der europäischen Halbzellstoffherstellung. Zellstoff und Papier, Heft 7 (1961), Seite 263
[27] *Runkel, R. O. H.*, und *K. Z. Patt:* Halbzellstoffe. Biberach a. d. Riss: Güntter-Staib-Verlag 1958, Seite 118
[28] *Riese, W.:* Ein praxisnaher Beitrag zur drucklos-kontinuierlichen Verfahrenstechnologie des Strohhalbzellstoffes. Zellstoff und Papier, Heft 4 (1960), Seite 124—131
[29] *Iliesku, G.*, und *M. Platon:* Über die Entfärbung von Altpapier. Celuloza si Hirtie, Heft 7 (1959), S. 317–221
[30] *Kurth, K.:* Neuzeitliche Aufbereitung von Altpapieren. Zellstoff und Papier, Heft 9 (1958), Seite 267—274
[31] *Müller-Rid, W.*,und *W. Ortner*: De-inking von Altpapier durch Flotation. Das Papier, Heft 10a (1961), Seite 550
[32] *Voith, J. H., Heidenheim:* Prospekt über „De-inking"-Flotationsverfahren
[33] *Abadie-Maumert, F. A.:* Das schwedische Asplund-Defibrator-Verfahren zur Altpapieraufbereitung. La Papeterie, Heft 9 (1960), Seite 607—611, 617
[34] *Hoyer, F.:* Leimauflösung. Papierlexikon, Bd. I. Leipzig: Dr. Sändig Verlagsgesellschaft 1944, Seite 1130—1131
[35] *Schwalbe, C.:* Bereitung der Ganzstoffe. Berlin: Technik und Praxis der Papierfabrikation Bd. I/2 1931
[36] *Trenschel, R.:* Die bis jetzt bekannten Aufbereitungsmaschinen und Anlagen für Altpapier. Das Papier, Heft 7/8 (1951), Seite 113ff.
[37] *Hoyer, D.:* Vorgänge bei der Stoffmahlung, die zu beachten sind. Papier und Druck, Teil Zellstoff und Papier (1953), Seite 87—89
[38] *Hoyer, F.:* Papierlexikon, Bd. II, Nachdruckausgabe. Wiesbaden: Dr. *Sändig* Verlag 1955, Seite 1173
[39] *Müller, F.:* Die Papierfabrikation und deren Maschinen, Bd. I. Verlag Wochenblatt für Papierfabrikation, Biberach a. d. Riss (Wttbg.): Güntter-Staib 1936, Seite 398
[40] *Hofmann, C.:* Handbuch der Papierfabrikation, 1. Auflage 1875, Seite 186
[41] VEB Papiermaschinenwerke, Freiberg: Prospekt Nr. 103 und Ergänzung
[42] Roca-Apparatebau GmbH., Düren: Prospektblatt
[43] *Brecht, W.:* Über das Auflösen und Entstippen von Halbstoffen und Papieren. Wochenblatt für Papierfabrikation, Heft 11/12 (1962), Seite 562
[44] *Kurth, K.:* Neuzeitliche Aufbereitung von Altpapieren. Zellstoff und Papier, Heft 9 (1958), Seite 268
[45] VEB Papiermaschinenwerke, Freiberg: Prospektblatt Nr. 123
[46] *Brecht, W.*,und *G. Mickley:* Eignungsversuche einer Maschine zur Entstippung von Halbstoffen in der Papierindustrie. Das Papier, Heft 2 (1960), Seite 52—55
[47] *Pagenstedt, B.:* Die Supraton-Entstipper. Wochenblatt für Papierfabrikation, Heft 14 (1963), Seite 725
[48] *Wultsch, F.:* Probleme der Stoffaufbereitung und Stoffmahlung in Papierfabriken. Das Papier, Heft 10a (1961), Seite 563—570
[49] *Aaltio, E. A.:* Laubholzzellstoff als Rohmaterial für Druckpapier. Paperi ja Puu, Heft 4a (1963) Seite 233—242 (Übersetzung des Instituts für Zellstoff und Papier der DDR, Heidenau/Sa.)
[50] *Emerton, H. W.:* Die äußere Sekundärwand von Tracheiden und Fasern. Ihre Bedeutung für die Papierherstellung und ihre Struktur. Tappi, Heft 7 (1957), Seite 542 bis 547

[51] *Schmidt., S.:* Neue Theorien und Verfahren für die Blattbildung auf dem Langsieb. Das Papier, Heft 7 (1963), Seite 335
[52] *Wultsch, F.*, und *L. Weißmann:* Einfluß der Quellung von Sulfitzellstoffen auf Mahlgrad und Festigkeitsentwicklung in kontinuierlich arbeitenden Stoffaufbereitungsanlagen. Das Papier, Heft 9/10 (1958), Seite 204—210
[53] *Jayme, G.:* Neue Beiträge zur Theorie der Entstehung der Blattfestigkeit. Das Papier Heft 10a (1962), Seite 589—600
[54] *West, W. B.:* Das HCR-Verfahren – eine neue Entwicklung in der mechanischen Behandlung von Fasern. Wochenblatt für Papierfabrikation, Heft 5 (1965), Seite 149—156
[55] *Rosenfeld, K.*, und *J. Hoffmann:* Ein neues Verfahren zur Mahlung bei hohen Stoffdichten oberhalb 20 %, Zellstoff und Papier, Heft 4 (1965), Seite 104—111
[56] VEB Papiermaschinenwerke, Freiberg: Prospektblatt, Nr. 101 A
[57] *Hoyer, D.:* Moderne Stoffaufbereitungs- und Reinigungsanlagen. Zellstoff und Papier, Heft 3 (1956) Seite 60—61
[58] *Wultsch, F.:* Probleme der Stoffaufbereitung und Mahlung in Papierfabriken. Das Papier, Heft 10a (1961), Seite 570—571
[59] *Egger, E.:* Stoffaufbereitung und Wasserführung in der Papierfabrikation. Zellstoff und Papier, Heft 10 (1960), Seite 384
[60] *Wultsch, F.:* Probleme der Stoffaufbereitung und Mahlung in Papierfabriken. Das Papier, Heft 10a (1961), Seite 572—575
[61] *Madsen, F.:* Die Automatisierung der Stoffaufbereitungsanlagen. Zellstoff und Papier Heft 11 (1961), Seite 421
[62] *Breuninger, W.:* Vergleich und Einsatz von automatischen Stoffzentralen an Papiermaschinen. Das Papier, Heft 7 (1961), Seite 312
[63] *Massenger:* Mitteilungsblatt Nr. 374 Juli/August 1961. The Black-Clawson-Company. Middleton/Ohio, USA
[64] *Brecht, W.:* Kollergang, Refiner, Curlator. Das Papier, Heft 17/18 (1951), Seite 361
[65] *Hoyer, D.:* Moderne Stoffaufbereitungs- und -reinigungsanlagen. Zellstoff und Papier, Heft 4 (1956), Seite 87—88
[66] *Kurth, K.:* Neuzeitliche Aufbereitung von Altpapieren. Zellstoff und Papier, Heft 9 (1958), Seite 274
[67] *Curtis, D. W.:* Developments and Applications of Suktion Former, Paper-Mill-News, Heft 35 (1958), Seite 6
[68] O. E. E. C. Die Zellstoff- und Papierindustrie in den Vereinigten Staaten. Bericht einer Abordnung europäischer Experten. Paris 1951, Seite 237
[69] *Müller-Rid, W.*, und *J. Hombsch:* Beitrag zur Klärung der Vorgänge im Rundsiebtrog. Das Papier, Heft 10a (1964), Seite 658—661
[70] *Schmidt, S.:* Aus der Literatur der Rundsiebtechnik. Zellstoff und Papier, Heft 1 (1961), Seite 19
[71] *Voith:* Taschenbuch 1958, Anhang Seite 5
[72] *Altmann, G.*, und *J. Kraschowitz:* Probleme und Methoden der Stoffüberführung auf das Langsieb der Papiermaschine. Zellstoff und Papier, Heft 7 (1961), Seite 269—270
[73] *Schmidt, K.:* Konstruktionsmerkmale an Schnellaufpapiermaschinen. Voith, Heidenheim, Drucksache Nr. 4/52 Seite 3. Sonderdruck aus „Das Papier", Heft 5/6 (1953)
[74] *Müller-Rid, W.:* Die Siebpartie und ihre Funktion. Allgemeine Papierrundschau, Heft 15 (1964), Seite 1035
[75] *Schmidt, K.:* Konstruktionsmerkmale an Schnellaufpapiermaschinen. Voith, Heidenheim, Drucksache Nr. 4/52 Seite 3. Sonderdruck aus „Das Papier", Heft 5/6 (1953)
[76] *Müller-Rid, W.:* Die moderne Langsiebpartie. Wochenblatt für Papierfabrikation, Heft 11/12 (1961), Seite 532—535
[77] *Schmidt, K.:* Konstruktionsmerkmale an Schnellaufpapiermaschinen. Voith, Heidenheim, Drucksache Nr. 4/52 Seite 3. Sonderdruck aus „Das Papier", Heft 5/6 (1953)

[78] *Evans, C. W.:* Inverform – die erste wirklich neue Erfindung in der Papierfabrikation seit Entwicklung der Lang- und Rundsiebmaschine. Paper-Trade-Journal, Heft 25 (1959), Seite 20—23
[79] *Schmidt, K.:* Konstruktionsmerkmale an Schnellaufpapiermaschinen. Voith, Heidenheim, Drucksache Nr. 4/52, Seite 10. Sonderdruck aus „Das Papier", Heft 5/6 u. 7/8 (1953)
[80] *Brecht, W.:* Einiges über Naßpressenarbeit und Härteprüfung von Gummiwalzenbezügen. Wochenblatt für Papierfabrikation, Festheft 1928, Seite 48
[81] *Müller, F.:* Die Papierfabrikation und deren Maschinen, Bd. II. Verlag Wochenblatt für Papierfabrikation, Biberach a. d. Riss (Wttbg.): Güntter-Staib-Verlag 1938, Seite 137
[82] *Müller, F.:* Die Papierfabrikation und deren Maschinen, Bd. II. Verlag Wochenblatt für Papierfabrikation, Biberach a. d. Riss (Wttbg.): Güntter-Staib-Verlag 1938, Seite 410
[83] *Schiel, C.:* Die Naßpressen der Papiermaschine. Wochenblatt für Papierfabrikation, Heft 11/12 (1964), Seite 319
[84] *Hoyer, F.:* Papierlexikon, Bd. II (Nachdruckausgabe). Wiesbaden: Dr. Sändig Verlag K. G. 1955, Seite 1809
[85] *Müller, F.:* Die Papierfabrikation und deren Maschinen, Bd. II. Verlag Wochenblatt für Papierfabrikation, Biberach a. d. Riss (Wttbg.): Güntter-Staib-Verlag 1938, Seite 176
[86] *Müller, F.:* Die Papierfabrikation und deren Maschinen, Bd. II. Verlag Wochenblatt für Papierfabrikation, Biberach a. d. Riss (Wttbg): Güntter-Staib-Verlag 1938, Seite 218—222
[87] *Hoyer, F.:* Papierlexikon, Bd. II (Nachdruckausgabe). Wiesbaden: Dr. Sändig Verlag K. G. 1955, S. 1813
[88] *Hoyer, F.:* Papierlexikon, Bd. II (Nachdruckausgabe). Wiesbaden: Dr. Sändig Verlag K. G., Seite 1814
[89] *Müller, F.:* Die Papierfabrikation und deren Maschinen, Bd. II. Biberach a. d. Riss: Güntter-Staib-Verlag 1938, Seite 270
[90] *Hoyer, D.:* Glättzylinder und Deutsche Presse. Zellstoff und Papier, Heft 11 (1954), Seite 279—281
[91] *Hoyer, F.:* Papierlexikon, Bd. I. Leipzig: Dr. Sändig Verlagsgesellschaft 1944, Seite 621
[92] *Hoyer, F.:* Papierlexikon, Bd. I. Leipzig: Dr. Sändig Verlagsgesellschaft 1944, Seite 620—621
[93] *Jebsen, M. D.:* Einige Anwendungsmöglichkeiten der Druck-Konvektionstrocknung in der Papierindustrie. Sonderdruck The Spooner Dryer and Engineering Co. Ltd Ikley-Yorkshire-England
[94] *Müller, F.:* Die Papierfabrikation und deren Maschinen, Bd. II. Verlag Wochenblatt für Papierfabrikation, Biberach a. d. Riss (Wttbg.): Güntter-Staib-Verlag 1938, Seite 350
[95] *Hoyer, F.:* Papierlexikon, Bd. I. Leipzig: Dr. Sändig Verlagsgesellschaft 1944, S. 1038
[96] *Noethlichs, R.:* Neues am Wege gesehen. Wochenblatt für Papierfabrikation, Heft 3 (1962), Seite 99—101
[97] *Hoyer, F.:* Papierlexikon, Bd. I. Leipzig: Dr. Sändig Verlagsgesellschaft 1944, Seite 343
[98] *Hoyer, F.:* Papierlexikon, Bd. I. Leipzig: Dr. Sändig Verlagsgesellschaft 1944, Seite 984
[99] *Wultsch, F.:* Heutiger Stand der Herstellung gestrichener Papiere. Wochenblatt für Papierfabrikation, Heft 20 (1960), Seite 900—901
[100] Hochglanz auf gestrichenen Papieren und Kartons durch Bürstmaschinen. Das Papier, Heft 11/12 (1959), Seite 268

[101] *Hoyer, D.:* Neuentwicklungen auf dem Gebiete der Faserrückgewinnungsanlagen. Zellstoff und Papier, Heft 8 (1958), Seite 230—235
[102] *Hoyer, F.:* Papierlexikon, Bd. II. Wiesbaden: Dr. Sändig Verlag KG, Seite 1733
[103] *Klemm, K. H.:* Faserrückgewinnung und Wasserhaushalt in Papierfabriken. Wiesbaden: Dr. Sändig Verlag KG 1955, Seite 78
[104] *Giese, E.:* Wasserkreislauf in Papierfabriken. Zellstoff und Papier, Heft 1 (1960), Seite 10—13
[105] *Brecht, W.*, und *F. Zippel:* Wege zur Verbesserung des Wasserhaushaltes von Papierfabriken. Darmstadt: Eduard Roether Verlag 1963
[106] *Klemm, H. K.:* Faserrückgewinnung und Wasserhaushalt in Papierfabriken. Wiesbaden: Dr. Sändig Verlag KG 1955, Seite 99
[107] *Klarmann, L.:* Automatische Wickelpappenfertigung. Vortrag, gehalten auf der 4. Technisch-wissenschaftlichen Konferenz der Technischen Vereins der Papier- und polygraphischen Industrie. Budapest, 23.—25. Oktober 1962
[108] *Hoyer, F.:* Papierlexikon, Bd. II Wiesbaden: Dr. Sändig Verlag KG, Seite 1439 bis 1440
[109] *Stafforst, C.:* Trocknen von Handpappen. Zellstoff und Papier, Heft 7 (1954), Seite 173
[110] *Jaittels, E.:* Die kontinuierliche Herstellung von Handpappen. Wochenblatt für Papierfabrikation, Heft 24 (1957), Seite 959—961
[111] *Freundlieb*, Dr.-Ing: Automatische und kontinuierliche Herstellungsstraßen für Pappen und gestrichene Papiere unter besonderer Berücksichtigung der Apparaturen und Technologien der Trocknung und Klimatisierung. Vortrag, gehalten anläßlich der 10. wissenschaftlich-technischen Tagung der Zellstoff- und Papierindustrie, Weimar 1964
[112] *Hoyer, F.:* Papierlexikon, Bd. I. Leipzig: Dr. Sändig Verlagsgesellschaft 1944, Seite 559 und 612
[113] *Hoyer, F.:* Papierlexikon, Bd. I. Leipzig: Dr. Sändig Verlagsgesellschaft 1944, Seite 559, 612
[114] *Hoyer, F.:* Papierlexikon, Bd. II. Wiesbaden: Dr. Sändig Verlag KG, Seite 1437
[115] TGL der Deutschen Demokratischen Republik
[116] *Keim, K.:* Das Papier, 2. Auflage. Stuttgart: Otto Blersch-Verlag 1956, Seite 408
[117] *Klemm, K. H.:* Faserrückgewinnung und Wasserhaushalt in Papierfabriken. Wiesbaden: Dr. Sändig Verlag KG 1955, Seite 22

Sachwortverzeichnis

Abgautschen 199
Abgautschwalze 173
Ableerbütte 187
Ablege-geschwindigkeit 318
— -walze 307
Abnahme-filz 201, 209, 228 265, 282
— -tisch 307
— -walze 205, 206, 304
Abwasser 71, 284
— -haushalt 283
— -messung 346
— -spiegel 202
— -verluste 348
Accelator-Verfahren 291
Achat-glätte 324
— -stein 324
Ätznatron 36
Alkali-bedarf 36
— -harzseife 103
— -konzentration 88
Altpapier 15, 20, 21, 22, 30, 31, 89, 90, 91, 120, 137, 182, 183, 184
— -aufbereitung 93
—, Entfärbung von 89
—, Regenerierung von 89, 91
Alttextilien 30
Aluminium-resinat 37
— -sulfat 37, 101
Ameisensäure 64
Anilinfarbstoffe 106
Anlagekosten 153
Anmaischschnecke 88
Antrieb 269, 270
— -seite 261
Anpreßdruck 264
Arbeitsgeschwindigkeit 202
Arbeitskraft 78, 88, 105, 120, 153, 155, 181
Arbeitsproduktivität 78, 107, 117, 153
Asbest 32
Asbestine 35
Aschegehalt, Prüfung des 333
Asplund-Defibrator 98
Astholz 78
Auflöseholländer 110, 111
Aufschluß-flüssigkeit 81
— -rohr 88
Auftauchpunkt 203
Auftragswalze 277
Auftreff-ort 213
— -winkel 213
Ausflußziffer 215
Auskochen 207
Auskupferung 65
Auslauf-düse 213
— -druckregelung 167
— -geschwindigkeit 213, 214
— -spalt 213
Ausmauerung 65
Ausstreichwalze 276, 277
Automatenkarton 212
Automatikabnahmewalze 303, 305, 314
Automatisierung 155, 157

Baby-Zylinder 240, 276
Bahn-abnahme 197
— -geschwindigkeit 242
— -oberfläche 247
— -riß 264
Band-druckfilter 58, 92, 184
— -trockner 307
— -waage 86, 118
Basalt-lavasteine 109
— -wolle 23
Bauerite-Verfahren 73
Beregnungsanlage 49
Berstdruckprüfer 343
Bewoid-Verfahren 37
Biege-beanspruchung 344
— -bruchkraft 344
— -bruchwinkel 344
— -fähigkeit 16
— -festigkeit 344
— -festigkeitsprüfer 344
Biegekraft 344
— -steifigkeit 344
— -winkel 344
Biegen 344
Bierfilzpappe 15
Bildsamkeit 21
Birke 28, 67, 76, 80
Bitumenleim 17
Blättern 16
Blasenbildung 265
Blatt-bildung 55, 101, 272
— -bildungszone 198, 199, 204
— -bildungszylinder 225
Bleich-mittelverbrauch 26
— -turm 60, 76
— -verlust 58
Blendenregulierschieber 164
Bodenstein 108
Bombierung 309
Brand-pappen 21
— -sohlenpappe 20
Braunholz-papiere 61
— -pappe 15
Braunschliff 61, 66
Breitstrahldüse 207
Briefordnerpappe 19
Brustwalze 217
Buchbinderpappe 16
Buchenholz 28, 80, 83
Bündelverpackung 321
Bürstenmaschine 280, 281
Bütte 13, 142, 143
Bütten-standsmessung 159, 160
— -propeller 143
— -wechselventil 171
Bypaß 193

Cannevasfilze 251
Carboxylmethyl-Zellulose 273
Centilever-Siebpartie 225
Centri-Cleaner 76, 83

Champion-Maschinen-streich-Verfahren 277
Chemischer Holzschliff 29, 66, 68
Chlor-phenolverbindungen 293
— -zink-Jodlösung 321
Chromoersatzkarton 14, 23, 189
Clarflow-Paper-Save-All 286
Classifiner 129, 130, 182
Cowan-Sortierer 55, 76
Cyklieranlage 184

Dämmplatten 51
Dämpfdauer 62
Dämpfen 48, 49, 62
Dämpf-druck 63
— -kammern 48
— -temperatur 62
Dampf-ersparnis 85
— -verbrauch, spezifischer 86
Davenport-Entwässerungs-presse 99
Deckfähigkeit 101
Debro-Regler 169
Deckelriemen 211
De-inking 89
Desintegrator 182
Deutsche Presse 254, 258
Dichteregelung 118, 186, 283
Dichtungs-band 207, 208
— -fläche 207
Dicken-einstellung 308
— -messer 325
Dickstoff-bleiche 58
— -mischer 60
— -pumpe 60
— -reiniger 91, 94, 180, 183
Dispersionsverfahren 97
Doppel-kastensaugwalze 234
— -langsieb 268
— -scheibenrefiner 75
— -tragwalzenroller 319
— -querschneider, rotierender 317
Dosier-behälter 161
— -pumpe 162
Drehschieber 171
Dreistufen-bleiche 91
— -wäsche 91
Dreiwegeventil 191
Drothmann-Zylinder 195
Druckerhöhungspumpe 132
Druck-Konvektions-Trocknung 247
Druckerschwärzeteilchen 95
Druckkammer 74, 247
Druck-Konvektionshaube 248
Druck-minderungsventil 159
— -pulsation 84, 131
— -regelung 166, 250
— -transmitter 159
— -wasserpolster 52
Dünnstoffbleiche 58
Düsen-belüftung 313
— -trockner 313
Dunsthaube 246
Duo-Pulper 283
Duplex-Karton 14, 93, 159
Durchfluß-geber 295
— -messung, induktive 162
— -sichter 66
Durchforstungsholz 80

Egalisierwalze 280
Einbogenpresse 315
Eindampfung 71
Eindicker 71, 96
Einjahrpflanzen 29, 80
Einscheibenrefiner 76
Eintauchseite 203
Einweichtrommel 107
Einwellenzerfaserer 92, 184
Einzugsgeschwindigkeit 318
Elektrokarren 134
— -preßspan 18
— -wickler 262
Entmischung 142
Entrindung 67, 68
Entrindungstrommel 50
— -prozeß 49
Entstipper 13, 130, 135, 136, 138, 185, 186, 187
Entstippungseffekt 126
Entstippergarnitur 127, 131
Entstippung 91, 93, 135, 136
Entwässerung 218
Entwässerungskoeffizient 218
— -leistung 91, 235
— -verhalten 217, 218
— -widerstand 222
Erdalkali-resinat 103
— -salze 103
Erde-auflöser 101
— -milch 101
Erdbeschleunigung 218
Erdfarben 106
Erkens-Maschine 266
Escher-Wyss-Entstipper 137, 138
Espartogras 80
Essigsäure 64
Extraktor-presse 231
— -walze 230, 231

Fabric-Presse 237, 238, 239
Faltendiffusor 212
Falz-widerstand 345
— -zahl 345
Faradaysches Gesetz 146
Farbstoffe, 40 125
Faser-abmessung 27, 28
— -breite 27, 28, 29
— -länge 27, 28, 29
— -rückgewinnungs-verfahren 285
— -schleim 99, 217
— -trümmer 217
— -schädigung 109, 126
— -schlauch 103
— -verband 61, 82
— -vlies, Abrutschen des 205
Federwalze 276
Fein-pappen 17
— -reinigung 91, 132
Fern-differential 272
— -steuerung 157
Feuchtigkeits-gehalt 238, 337
— -meßgerät 296, 297, 298
— -regelgerät 298
— -regelung 298
Fibrillieren 108, 144

Fichtenholz 26, 60, 66
Filter-fläche 290
— -hilfe 286, 288
— -hilfsschicht 288
— -wasser 284
Filtrationsverfahren 285, 286
Filze 208
Filz-instandhalter 209
— -reinigung 209
— -schläger 210
— -trockner 241, 242
— -wäsche 209
Flachbahntrockner 313
Flachbürstmaschine 280
Flachpalette 321
Flächen-beständigkeit 337
— -kühlaggregat 260
— -veränderungsvermögen 337
Fleckigwerden 259, 262
Flockungsmittel 286
Flotation 93, 286
Flotations-mittel 95
— -verfahren 93, 186
— -zellen 95, 96
Flottenverhältnis 89
Flüssigkeitsring 96
Flußmesser, magnetischer 188
Förderarbeit 116
Format-begrenzung 206
— -verpackung 320
— -walze 304, 305
Freiharz 36, 37, 103
— -theorie 37
Friktions-bremse 263
— -glättwerk 22, 323
Frischwasser 71, 291
Frittung 240
Frittungstemperatur 240
Fühlkörperregler 167
Führerseite 261
Fülldichte 86
Füllstoffe 33, 101, 118, 189

Gabelhubwagen 44
Gabelstapler 44, 154
Ganzstoff 142
Ganzzeugholländer 88
Gautschbruchbütte 282
— -eindicker 282
— -pumpe 283
Gautschbruchschnecke 282
Gautsche 211, 231, 282
Gautschpresse 231
Gegenläufige Hydromühle 89, 136
Gegenstromtrog 200
Gelbstrohstoff 79, 85
Gerstenstroh 29
Gesamttrockenfläche 243
Geschwindigkeitsgrenze 271
— -regelung 272
Getreidestroh 29, 79, 85
Giftstoffe 214
Giftstoffkonzentration 294
Glättemesser 341
Glätten 322
Glättezahl 341
Glättpreßwalze 258
— -werk 260, 278, 279, 323
— -zylinder 240, 246, 254, 257
Gleichstromtrog 200
Granitwalze 236
Graupappe 15
Greiferkran 105
— -spiel 43
Grenzschicht 203, 247, 260
Griffigkeit 16
Grob-dosierbehälter 102
— -reinigung 128, 189
— -schmutzschleuse 128, 189
Grünalgen 293
Grund-werk 116
— -werksmesser 116
Gruppengetriebe 271

Hack-maschine 73
— -schnitzel 67, 73, 75, 79, 81
Häckselmaschine 86
Hängetrockner 311
Härtebildner 39
Haferstroh 29
Harzaggregation 103
Halbzellstoff 29, 78, 79
— -ablauge 85
Handabnahme 305
H-Presse 235
Hartpappen 17, 177
Harzleim 36, 103
Harzschwierigkeiten 62
Haufenstapelung 41, 42
Hemizellulose 78
Herdaufbereitung 34
Hilfsgeschwindigkeit 270
Hilfsstoffe 33, 142, 153
Hitzefalten 259
Hochdruck-presse 236
— -stoffauflauf 213, 214
Holländer 113, 116, 117
— -beschickung 117
Holz 25, 48
— -abfälle 27
— -ausbeute 66
— -dämpfer 64
— -pappe 14
— -platz, 41 52, 64
— -schliff 14, 15, 53, 55, 71
— -schliff, Bleiche des 58
— -schnitzel 60
— -verluste 48, 50
— -vorbereitung 48, 67
Hubstapler 154
Hydraclone 133, 182
Hydromühle 57, 149, 150

Imprägnierung 69, 70
Imprägnierungsflüssigkeit 75
Impreßafiner 74
Impulsspeicher 184
Impulsswasserzähler 161
Infrarotbatterie 280
Inkrusten 61, 63
Inverform-Siebpartie 225, 227
Isotope, radioaktive 160, 299

Jacquardpappen 19
Jod-Jod-Kalium 321

Kalkmilch 79, 85, 88
Kalt-Natron-Verfahren 73
Kaltschliff 55
Kalt-Soda-Verfahren 73
Kalzium-chlorid 60
— -resinat 39
Kambiumschicht 49
Kaolin 33, 34
— -aufbereitung 101
Kappenpappen 20
Karbonisierung 85

Karosseriepappe 20
Karton 12, 13, 23
— -maschine 193
Kasein 37
Kastanienholz 80
Kastenfilzwäsche 183
Kastensaugwalze 234
Kavikationswirkung 126
Kegelfernverstellung 150
Kettenförderer 71
Kiefernholz 60, 62
Kimberley-Clark-Mead-Streichverfahren 276
Kinderwagenpappe 20
Kingsland-Stoffmühle 120
Kistenpappe 16
Kittnerschaber 232
Kittsubstanz 56
Klarwasser 285
Knotenfänger 211
Kocher 68, 69, 86
—, Evakuieren des 70
— -wagen 65
— -raumausnutzung 64, 86
Kochtemperatur 70, 89
Kofferpappe 12, 17, 18
Koller-gang 88, 108, 177
— -stoff 112
— -stoffsortierer 112, 177
Kolophonium 35
Kontakttrocknung 247
Korrosion 65, 79
Kraftmeßdosen 162
Kühlen 259
Kühl-fläche 260
— -gruppe 259, 283
— -teich 49
Kugel-druckhärte 345
— -kocher 64, 86
— -reflektometer 341
Kunststeine 65

Längenänderung 337
Längs-kettenförderer 49
— -schneidevorrichtung 314, 315
— -teilung 113
Lakmus-Papier 332
Lagerung der Hilfsstoffe 45
—, hydraulische 52
Langsieb 210, 268
Langsieb-bahn 282
— -maschine 12, 14
— -Rundsieb-Maschine 264
— -Rundsieb-Maschine, kombinierte 264
Latex 273
Laubholz 27, 67, 73, 80
Lederpappe 15
Leerlaufarbeit 116
Leim-auflösung 78
— -presse 275
Leitkomponente 188
Leuchtschaltbild 103, 137, 174
Leukometer 314
Lichtschranke 54
Lignin 78
Liniendruck 195, 206, 235, 237
Lochwalze 200, 215
Luftbürste 277, 278
— -kreislauf 247
— -messer 278

Masing-Durk-Pulper 84
Madeleine-Walzen 251
Makroskopische Methode 332
Magnesiumresinat 29
Magnesiumsulfat 76
Magnet-abscheider 140
— -trommel 86
Mahl-beanspruchung 118
— -behandlung 108, 178, 179
— -belastung, spezifische 115
— -dauer 118, 177
— -druck 119, 153
— -entwicklung 118
— -fläche 119
— -gradkontrolle 171, 332
— -holländer 115, 177
— -koeffizient, spezifischer 119
— -leistung 116
— -resistenz 118
— -walze 115, 119
— -zone 151
Mahlungsgrad 82, 118, 136, 147
Manchonbürste 232
Marmorpappe 19
Maschinen-ausschuß 281
— -bütte 76
— -glättwerk 280
— -kalender 260
— -karton 23
— -lederpappe 14, 15
— -stoffbütte 143
— -streichverfahren 277
— -strich 272
Masse je Flächeneinheit 14, 299
Massay-Streicheinrichtung 279
Mater 22
Matrizenpappe 12, 21
Mechanisierung 153
Mehrfachzuführung 212
Mehrlangsieb-Maschine 268
Mehrmotoren-Antrieb 270, 271
Mehrrundsieb-Maschine 12, 200, 201, 245, 284
Melaminharz 38
Mengen-messung 160
— -regelanlagen 160
— -regelung 160
Meßblendenprinzip 160
Messerschälverfahren 48
Meßkondensator 297
Mikroskopische Methode 320
Mischpumpe 294
Montan-harz 38
— -wachs 37
Mordon-Stockmaker-Refiner 151

Nachtrockenpartie 240, 278
Nadelholz 26
Nagelpappe 16
Naß-auflöseanlagen 283
— -ausschuß, Aufbereitung des 282
— -entrindungsverfahren 48
— -festigkeit, initiale 57
— -partie 294
— -pressenpartie 194, 235
Natrium-aluminat 39

Natrium-karbonat 67, 70, 79
— -bisulfit 58, 79
— -Hydrosulfit 58
— -resinat 39
— -silikat 58
Natron-lignin 89
— -zellstoff 60
Natursteine 65
Nebenprodukte 66
Nenngeschwindigkeit 215
Neutralisation 76
Nievau-messung 158
— -regelung 158
— -standsanzeiger 294
— -steuerung 157, 295
Normklima 338
Nutzheizfläche 243

Obersieb 225
Oberflächen-leimung 275
— -spannung 218
— -temperatur 242
Obertuch 208
Oberflächenveredlung 272
Offsetpresse 236
Oliver-American-Scheibenfilter 287
Oliver-Drum-Filter 287
Oliver-Joung-Prinzip 287
Optische Aufheller 40
Oxydationsbleiche 58

Packpappe 16
Paletten 321
— -verkehr 321
— -verpackung 321
Pandia-System 81
Pantoffeltierchen 293
Papier-maschine 12
— -walze 327
Pappdeckel 11
Pappe 11, 13
Pappel 28, 67, 80, 83
Pappen, Einschweren der 322
—, Fehler der 351
—, Feuchten der 323
—, Härte von 345
—, keilige 353
—, Krümmen der 352
—, Lackieren der 326
Pappen, Rollen der 352
—, Schälen der 321
—, Veredelung der 326
— -glättwerk 323
— -maschine, Automatische 307, 308
— -maschine, vollautomatische 307
Parallelogramm-Regulierung 253
Passerdifferenz 338
Pentosane 115
Perlrohr 19, 158
— -methode 159
Peroxidbleiche 38
Phenolphthaleinpapier 336
Phlorogluzinlösung 332
pH-Regulierung 156, 295, 296
Pigmente 273
Pilotzylinder-Heizung 250, 298
Pinselbildung 50
Plansortierer 71, 83, 129, 180
Planpresse 228, 229, 235
Plattenbänder 154
Polyacrylsäureester 273
Polyesterharz 273
Polypgreifer 42
Polyvinylverbindungen 273
Poperoller 262
Porenvolumen, freies 70
Präge-bild 327
— -fähigkeit 327
— -kalander 327
— -muster 327
Prägen 327
Prall-folie 307
— -wirkung 125
Pressafiner 74
Preß-bleche 307
— -tücher 307, 309
Pressenarbeit 308
Preßdruck 55, 308
Preßegoutteur 265
Presse, filzlose 235
—, hydraulische 306, 309
Pressen 13,309
Preßspan 12, 17, 177
— -vorgang 308
Preßspan-wagen 309
Pressenwechsel 54
— -schleifer 53, 71
Preßfläche 235
Pressendruck 235
Primärstufe 95
Produktionsfläche 86
Programmsteuerung 157
Propeller 143
— -bütte 143
— -umtrieb 142
Pufferreagens 81
Pulper 120

Quadrantenwaage 325
Quecksilber-hochdrucklampe 341
— -verbindungen 293
Quellung 115
Quellvermögen 43, 338
Quetschwassersauger 206, 228
Querschneider 262, 316
Querstromverteiler 198, 201, 212
Querteilung 113

Radio-Rückwandpappe 21
Raffineur 57
Raffineurstoffbütte 57
Raumluftventilator 246
Reduktionsbleiche 58
Refiner 77, 150, 151
— -bleiche 77
Regelantrieb 270
— -bereich 270
Registerschiene 211
— -partie 211, 216, 220
— -walzen 219, 220
Regulier-einrichtung, pneumatische 253
— -walze 253
Reibungsentrindung 50
Reißfestigkeit 89
— -länge 341
Reisstroh 85
Reisten-Faserstoffmühle 152
Relativgeschwindigkeit 122, 200, 203, 323
Rillfähigkeit 16
Rindenpresse 51
Ring-Valve-System 288

Roggenstroh 29, 85
Rohdachpappe 14, 22
Rohkaolin 34
Rohrbogen-Propellerpumpe 193
Rohrsauger 210
Rohrschleuder 91
Rollapparat 262
Rollbahntrockner 313
Rollen-ausstoßvorrichtung 319
— -packmaschine 319
— -schneidmaschine 318
Rollgeschwindigkeit 264
Rollsichter 112
Rollstange 264
Rotoformer 198
Rotfilter 343
Rückgewinnungsanlage 284
Rund-beschicker 102
— -sieb 171, 193, 201
— -siebabdichtung 207
— -siebabwasser 193
— -siebbahn 265
— -siebgautsche 230, 282
— -siebkasten 203
— -siebleistung 195
— -siebmaschine 12, 14
— -siebpartie 197, 202, 230
— -siebstäbe 194
— -siebzylinder 194, 206
— -sortierer 57, 71, 83, 129, 158
Rupfen 21
Runzeln 354

Säll-Regler 167
Sandfang 128
— -fläche 132
— -schleuder 132
Satinierwerk 260
Sauger 221, 223
— -partie 221
Saug-extraktor 231
— -fähigkeit 339
— -höhe 339
— -kasten 225, 233
— -presse 226, 228, 230
— -rundsieb 195
— -walze 231
— -zellenwalze 232
— -zone 233
Schaber-bewegung 255
— -klinge 255
Schälwiderstand 49
Schärfrolle 57
Schaltwarte 136
Schaumverhütungsmittel 273
Scheibenrefiner 75, 82
— -mühle 72, 152
Schilf 29, 80
Schlackenwolle 23
Schlämmverfahren 34
Schlauchsieb 208
Schleifdruck, spezifischer 57, 66
Schleifer 65, 71
— -schacht 54
— -steine 65
— trogtemperatur 57
Schleif-fläche 53
— -kraft 66
— zone 56
Schleim-bekämpfung 293
— -bildung 293
Schleudersortierer 66
Schlußgruppe 259
Schmutzschleuse 128
Schnallen 354
— -bildung 354
Schnellverschluß-Deckel 64
Schnecken-presse 117
— -zentrifuge 76
Schnitzel-holzstoff 73
— -länge 81
Schöpfen 13
Schöpfer 249
Schöpfsieb 13
Schonfilz 258
Schrumpfung 242, 337
Schüttel-bock 220
— -stange 220
Schüttelung 220
Schuhpappen 20
Schutzkolloid 37
Schwefelsaure Tonerde 39
Schwemmringe 71
Schwenkkopfschäler 52
Schwimmerregler 158
Schwingkreisschaltung 297
Sediflotor 285, 290
Sedimentation 285
Sedimentationsverfahren 285
Sekundär-Stoffauflauf 229, 268
Sekundärstufe 96
Selbstabnahmemaschine 249
Selbstkosten 78, 153, 155
Selektifier 91, 131
Selektrap 182
Senktischableger 318
Serienheizsystem 249
Shartle-Hydroclone 133
Sieb 13, 112, 217
Sieb-filzpresse 237
— -fläche, freie 201, 210
— -geschwindigkeit 215
— -lauf 223
— -laufregler 223
— -lochung 57
— -partie, ausfahrbare 224
— -rahmen 224
— -regulierung 223
— -seite 338
— -trommel 91, 183
Sieb, Wechseln des 224
Siebwechselvorrichtung 224
Soda 36, 38
Solvo-Stofflöser 123
Sortierung 66, 83, 324
Spalten 16
Spalt-algen 293
— -pilze 293
Sperr-wasser 133
— -wasserdruck 133
Spezialpappen 12
Splintholz 27
Splitterfänger 57
Spuckstoff 57
Staker 42
Stampfer 86
Stanz-festigkeit 21
— -unterlagspappe 20
Stapelbütte 76, 142
Starkdruckpresse 235
Stauben 21
Stauerpaletten 44, 154
Stau-druck 213
— -höhe 213, 294
— -höhenregler 294
— -lattenauflauf 201
Steigbogenableger 318
Stein-fang 110

Stein-glätte 324
— -schärfung 71
— -oberfläche 56
— -umfangsgeschwindigkeit 53, 54
Stetigschleifer 53, 71
Stevensformer 198
Stippengehalt 91
Stoff-aufbereitungsanlage 107, 142
— -aufbereitung, Steuerung der 174
— -auflauf 199, 210, 216
— -begrenzungsleisten 211
— -einlauf 91
— -komponenten 107
— -mahlung 113
— -treiber 110
— -löser 120, 154, 162, 179, 187
— -reibung, innere 92, 120
— -spiegel 194
— -verteilschieber 186
— -wirbelung 131, 133
— -zentrale 188
Stonitewalze 236
Strahlen-nachweisgerät 299
— -schranke 154
Strahlungs-heizsystem 278
— -intensität 300
— -trocknung 239
Streicheinrichtung 272
Streichmassen, Aufbereitung der 273
Streichmasselösung 273
Strichauftrag 277
Stroh-karton 88
— -pappe 14, 22, 88
— -vorbereitung 86
Sturzkocher 86
Supratongerät 140
Suspensionsgeschwindigkeit 202
Sveen-Leim 285
Sveen-Pedersen-Stoffänger 289
Siphonauflauf 211

Talkum 35
Tambour 263
Tauchwalze 277
Taumelscheiben 200
Tellermesser 319
Teilautomatisierung 174
Teilchengröße 35
Teilverseifung 36
Textilpreßspan 18
Tierleim 37
Tragsieb 268
— -walze 319
Trichter 285
— -spitze 285
Tragtrommelroller 262
Transportfilz 199, 314
Trimbey-Regler 167
Trocken-ausschuß, Aufbereitung des 282
— -dampf 241
— -filz 243
— -fläche, gesamte 242
— -fläche, kartonberührte 242, 243
— -kanal 280, 310
— -partie 12, 14, 103, 195, 201, 239, 249, 296
— -partie, Bespannung der 251
— -stereopie 21
— -zylinder 240
Trocknung 311
Trocknungskammer 311
Trübedichteregler 102
Turbolöser 90, 128

Überlappungsableger 318
Überwurf-Holländer 116
Ultraschallwellen 169
Umrollen 318
Umtriebsarbeit 116
— -zeit 64, 88, 109
Umwälz-organ 142
— -propeller 143
Unterlagsgewebe 208

Vakuum-Rundsieb 197
Vakuumwäsche 82
Va-Purge-Verfahren 84
Vh-Stofflöser 126
Venta-Nip-Presse 239
Verdampfungszahl 248
Verdünnung 167, 169, 284
Verdünnungswasser 167, 169, 282
Verdunstungsfläche 240
— -formel, Daltonsche 240, 247
Vergilbung 58
Verseifung 36
Vibrationssortierer 57, 79
Vielkammersaugwalze 232
Vierwegpalette 321
Vokes-Rotor 125
Volleimung 37
Vollverseifung 36
Vorentstippung 91
Vorgautschung 232
Vorgautschwinkel 231, 232
Vorpresse 209
Vorpressenpartie 194, 209, 226, 228
Vorpressung 206
Vorimprägnierung 88
Vorreinigung 91
Vorratsbütte 283
Vortrockenpartie 240
Vorweichung 68
Vorzerfaserung 89

Waco-Filter 289
Wärme-austauscher 70, 246, 257
— -rückgewinnungsanlage 246, 252, 296
Wagenbeschickung 64
Warmschliff 55
Walzen-gautsche 231
— -messer 116
Wasser-festigkeit 16
— -glas 38
— -haushalt 346
— -kreislauf 291
— -schaber 255, 262, 273
— -stoff-Ionenkonzentration 334
— -stoffperoxid 293
— -verdampfung 310
Weißgrad 340
Weißschliff 48
Weizenstroh 29, 85
Wellpappen-karton 24, 262
— -rohstoff 80
Wickelpappe 14
Wickelpappenmaschine 12, 14, 15, 262, 303
Wickelpappen, Ausrüstung der 321
Wickelspannung 263
Wickelwalze 258
Wipfelholz 80

Wippdrehkran 154
Wirbel-entsander 57
— -schleuder 131, 156, 158
Wuchtschüttler 51, 129

Zähigkeit 17
Zahnscheibenmühle 89
Zellen-radzähler 161
— -walze 225
Zellenzuteilapparat 117
Zentrifugal-holländer 120
— -reiniger 131
Zentrireiniger 135
Zerfaserbarkeit 78
Zerreißwalze 110
Ziehpappe 17
Zink-Hydrosulfit 58
Zopfwinde 123, 129, 181, 189
Zugpresse 317
Zugfestigkeit 342
Zugfestigkeitsprüfmaschine 342
Zulaufdichte 190
Zulaufdruckregelung 166
Zusammengautschen 13, 201
Zweipressen-Großkraftschleifer 54
Zweiwalzenpresse 275
Zwischendecke 247

Im gleichen Verlag erscheinen:

Chemische Technologie der Zellstoff- und Papierherstellung

Von Obering. Hans Hentschel

3. Auflage

Das Werk gibt einen Gesamtüberblick über die chemische Technologie der Zellstoff- und Papierherstellung mit ihren wesentlichen Zusammenhängen. Den Erfordernissen entsprechend sind bei der Behandlung des Fachgebietes in besonderem Maße auch wirtschaftliche Überlegungen einbezogen worden. Die zahlreichen Abbildungen von Maschinen und Anlagen sowie Schemata, graphische Darstellungen und dergleichen dienen als Anschauungsmaterial zum besseren Verständnis des Textes. Ein umfangreiches Literaturverzeichnis ermöglicht eine über den Rahmen des Werkes hinausgehende Orientierung.

Technologie der Papierherstellung

Von S. N. Iwanow

Übersetzung aus dem Russischen

711 Seiten mit 240 Bildern · 14,7 cm × 21,5 cm
Halbgewebeeinband 40,— MDN

Das Buch enthält eine ausführliche Darstellung der gesamten Technologie der Papierherstellung, angefangen von der Stoffaufbereitung bis zur Papierausrüstung. Der Inhalt ist in die Abschnitte Stoffaufbereitung, Theorie und Praxis der Papierherstellung auf der Papiermaschine sowie Papierausrüstung, Sortierung und Verpackung gegliedert. Ausführlich behandelt ist die Theorie der Mahlung. Die periodischen und kontinuierlichen Mahlapparate sind beschrieben. Den Hauptteil des Buches nimmt der Abschnitt über den Produktionsablauf von den Stoffbütten bis zum Fertigprodukt ein. Das Buch ist reich illustriert und enthält eine große Anzahl von Tabellen und Grafiken.

Zu beziehen durch den Buchhandel

VEB FACHBUCHVERLAG LEIPZIG

Im gleichen Verlag erscheinen:

Grundlagen der Papierverarbeitung

Herausgegeben vom Institut für Verpackung, Dresden

Band I: Werkstoffe der Papierverarbeitung
Teil 1: Papier – Karton – Pappe
Von Dipl.-Ing. Heinz Lehmann
277 Seiten mit 123 Bildern · 16,5 cm × 23 cm
Halbgewebeeinband 30,— MDN

Teil 2: Klebstoffe, Plaste, Zellglas, Wachse, Aluminiumfolien
Von Dipl.-Chem. Lothar Richter
122 Seiten mit 35 Bildern · 16,5 cm × 23 cm · Halbgewebeeinband 15,90 MDN

Band II: Arbeitsverfahren der Papierverarbeitung
Von Obering. Fritz Hesse und Dr.-Ing. Hans-Jürgen Tenzer
255 Seiten mit 247 Bildern und 26 Tabellen · 16,5 cm × 23 cm
Halbgewebeeinband 35,— MDN

Band III: Erzeugnisse der Papierverarbeitung
Von Obering. Fritz Hesse und Dr.-Ing. Hans-Jürgen Tenzer

Auf dem Gebiet der Papierverarbeitung lagen bisher nur Teilveröffentlichungen vor, die umfassend ausgewertet wurden, so daß das Gesamtwerk als erste grundlegende Arbeit auf diesem Fachgebiet gelten kann. Teil I des ersten Bandes behandelt als die wichtigsten Materialien der Papierverarbeitung Papier, Karton und Pappe und zeigt den wirtschaftlichsten Einsatz auf. Der zweite Teil des ersten Bandes untersucht den Aufbau, die Eigenschaften und die wirtschaftliche Nutzung der neben dem Papier wichtigsten Werkstoffe. – Der Band II vermittelt in instruktiver Form die Technologien der Arbeitsverfahren – Trennen, Formen, Verbinden, Veredeln – und wird wesentlich zur Verbesserung der Arbeitsorganisation und Erhöhung der Arbeitsproduktivität in den papierverarbeitenden Betrieben und Buchbindereien beitragen. – Band III wird die Erzeugnisse der Papierverarbeitung behandeln.

Zu beziehen durch den Buchhandel

VEB FACHBUCHVERLAG LEIPZIG

Im gleichen Verlag erscheinen:

Handbuch der Wasserzeichenkunde

Von Dr. Karl Theodor Weiß,
bearbeitet und herausgegeben von Dr. Wisso Weiß

327 Seiten mit 66 Bildern · 16,7 cm × 24 cm · Halbgewebeeinband 48,— MDN

Das Werk behandelt nach der Klärung und Abgrenzung der Begriffe „Wasserzeichen" und „Wasserzeichenkunde" die Geschichte und Aufgaben der Filigranologie, ihre Aufgaben für die Papiergeschichtsforschung und auch ihre Verwendung für hilfswissenschaftliche Zwecke. Auf Zweck und Deutung der Wasserzeichen, ihre Herstellung, ihre in den einzelnen Papiersorten, aber auch nach Ländern und Jahrhunderten wechselnden Erscheinungsformen wird näher eingegangen. Eine ausführliche Darstellung ist der Prüfung der Papierzeichen gewidmet, wobei die aus der vielgestaltigen Erscheinungswelt der Zeichen gewonnenen allgemeinen Regeln und Gesetze sowie ihre Anwendung auf die Praxis der Forschung recht instruktiv an Hand von Beispielen behandelt werden. Auch auf Besonderheiten wird aufmerksam gemacht, wobei solche, die für besondere Papiersorten von Bedeutung sind, eingehend untersucht werden.

Verwertung der Sulfitablauge

Von S. A. Sapotnitzki · Übersetzung aus dem Russischen

145 Seiten mit 60 Bildern · 16,5 cm × 23 cm · Halbgewebeeinband 14,80 MDN

Das Buch behandelt folgerichtig die Gewinnung der Sulfitablauge und die bei der Kochung vor sich gehenden chemischen Reaktionen, die charakteristischen Merkmale der Sulfitablauge, die Methoden der Laugenentnahme, die Verarbeitung der Lauge zu Äthylalkohol und Futterhefe, die Gewinnung von Laugenkonzentraten und ihre Verwendung in der Volkswirtschaft, die chemische Verarbeitung der Lignosulfate zu Vanillin und anderen chemischen Produkten. Dabei sind neben alten auch solche Verfahren beschrieben, die erst auf halbtechnischen Anlagen überprüft wurden. Auf viele ausländische Patente über die Verwertung der Sulfitablauge wird hingewiesen, und ein nach Abschnitten getrenntes umfangreiches Literaturverzeichnis dient dem raschen Auffinden von Spezialliteratur für bestimmte Gebiete.

Zu beziehen durch den Buchhandel

VEB FACHBUCHVERLAG LEIPZIG

Im gleichen Verlag erscheinen:

Lexikon der graphischen Technik

Bearbeitet im Institut für grafische Technik, Leipzig

2. Auflage

Das Lexikon verzeichnet etwa 2500 technologische Fachbegriffe der grafischen Industrie. Den Begriffsdefinitionen sind kurze Abrisse der Verfahren und Arbeitstechniken beigegeben. Damit ist das Lexikon nicht allein für die Aus- und Weiterbildung der Fachkräfte und des Nachwuchses in der grafischen Industrie von großer Bedeutung, vielmehr gibt es auch allen Interessenten, die beruflich mit der grafischen Industrie zu tun haben, Auskunft über die wesentlichsten Fragen und Begriffe der graphischen Fertigung.

Die Erarbeitung von Werkstandards

dargestellt an Beispielen der graphischen Industrie

Von Diplomwirtschaftler Ing. Hugo Weschke

67 Seiten mit 9 Bildern und 2 Beilagen · 14,7 cm × 21,5 cm
Broschur 7,30 MDN

Die Entwicklung zur Spezialisierung und Automatisierung großer Teile unserer industriellen Produktion ist ohne weitestgehende Standardisierung nicht möglich. Beschränkten sich die Maßnahmen in dieser Hinsicht bisher auf die überbetriebliche Standardisierung, so wird in Zukunft die Werkstandardisierung Grundlage überbetrieblicher Standards sein. Die in der Vergangenheit erarbeiteten Werkstandards entsprachen jedoch in vielen Fällen nicht den Anforderungen. Hier erklärend zu wirken, ist Aufgabe der Broschüre.

Zu beziehen durch den Buchhandel

VEB FACHBUCHVERLAG LEIPZIG